

明 細 書

チタン、銀、シリコンに結合能を有するペプチド

5 技術分野

本発明は、チタンに結合能を有するペプチドのスクリーニング方法や、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチドや、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチドがチタン、銀又はシリコンと結合したチタン、銀又はシリコンとペプチドとの複合体や、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチドと機能性ペプチド又は機能性タンパク質とが結合した人工タンパク質や、かかる人工タンパク質がチタン、銀又はシリコンと結合したチタン、銀又はシリコンと人工タンパク質との複合体や、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチドと標識化物質若しくはペプチドタグとの複合体又は非ペプチド系化合物とが結合したキメラタンパク質や、かかるキメラタンパク質がチタン、銀又はシリコンと結合したチタン、銀又はシリコンとキメラタンパク質との複合体や、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチドをその粒子表面上に提示したファージや、かかるファージがチタン、銀又はシリコンと結合したチタン、銀又はシリコンとファージとの複合体や、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチド、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有する人工タンパク質、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するキメラタンパク質、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するファージを用いるチタン、銀又はシリコン表面の改質又はチタンの整列化方法や、銀又はシリコン粒子の形成方法や、チタン－人工タンパク質複合体を有効成分とするインプラント材料に関する。

背景技術

1952年のブローネマルクによるチタンと骨が結合組織を介することなく結合するオッセオインテグレーション現象の発見を契機に、1965年に初めて純チタン製のインプラントが臨床応用された。現在に至るまで、オッセオインテグレーション現象を利用した、インプラント治療は盛んに行われているが、チタンと骨が結合するまでに要する期間は、3～6ヶ月と非常に長い時間が必要になっており、その間これまでも、この期間を短縮するために骨親和性を高める目的で、表面仕上げに工夫をしたり、カルシウムやハイドロキシアパタイトのチタン表面への蒸着や、材料にチタン合金を検討するなど、主に機械的な材料改変であるハードマターの再設計からのアプローチは盛んに行われているが、これまでのところ顕著な効果は得られていない。例えば、ハイドロキシアパタイトのようなセラミックの場合、被膜の減少や物理的性質上、負荷に弱いことが問題となる。また、合金の場合これまで多数検討されてきたが、多くの場合、有害な組織反応を引き起こしており、現在では、純チタンとその合金である、Ti、Al、Vが使われているに留まる。

また、インプラントと周囲粘膜の関係は、歯と歯肉の関係と異なり感染に対する抵抗力が小さい癒痕組織であると考えられている。そのため、この問題を解決するために、チタン表面に抗菌剤をコートするなど、先述したハードマターの検討がなされているが、このようなハードマターからのアプローチでは、インプラントと周囲粘膜との解剖学的・組織学的な関係の改善は考慮されていない。

チタンは、非常に酸化されやすく、大気中・水中で直ちに二酸化物を形成する。二酸化チタン結晶のひとつである、アナターゼ形結晶が持つ光触媒活性を利用して、ほぼすべての有害化学物質を分解・無害化する

ことができるため、シックハウスガスやアセトアルデヒドなどの悪臭の分解、防カビ剤の様々な用途に用いられている。しかし、アナターゼ形結晶が利用できる波長は紫外域に限られているため、可視光域で利用できる光触媒の開発が望まれている。

5 その他、被験体に生体内利用するのに適した材料を、放出可能な形のオステオポンチンと組み合わせてオステオポンチン含有インプラントを形成した状態で含む、オッセオインテグレーションの速度及び骨接着のパーセンテージを増加させる新規なオステオポンチン含有インプラント（特表2002-500898号公報）や、金属化合物を結合し、分子
10 レベルでその配向や配列の制御を可能にした新規な蛋白質、蛋白質断片、ペプチドまたはこれらの変異体の誘導体を提供するため、蛋白質、蛋白質断片、ペプチド、またはこれらの変異体の有する特徴的な立体構造上に、ニトリロ三酢酸構造などを有する官能基を導入することにより、結合する金属化合物の構造を分子レベルで制御する技術（特開平10-3
15 3,8700号公報）や、半導体物質に特異的に結合することができるアミノ酸オリゴマーを有するように修飾された自己組織化生物分子を用いることにより、相や配置などの特異的な結晶的特性を有する半導体物質のナノ結晶を作製する方法（米国特許出願公開第2003/00731
04号明細書）が提案されている。

20 上記のように、インプラントの分野におけるチタン材料の高機能化を、ハードマターによる材料改変ではなく、チタン表面に柔軟に結合することのできるソフトマターであるタンパク質などの高分子ポリマーにより行おうと考えたとき、チタン表面を特異的に認識・結合するようなアミノ酸モチーフは天然には存在しないという問題がある。本発明の課題は、
25 ソフトマターによるチタン材料の高機能化を行うために必要なチタンへの結合能を持つペプチド配列、ファージ、人工タンパク質やキメラ分子、

- または前記ペプチド配列と機能性ペプチド配列を持つ、ペプチド、ファージ、人工タンパク質又はキメラ分子とチタンの複合体を提供することにある。具体的には、前記ペプチドと石灰化促進または骨増殖・分化ペプチドもしくは人工タンパク質・キメラタンパク質を表面に結合した機能性チタンインプラント材料で、オッセオインテグレーションが短期間で終了するもの、あるいは、前記ペプチドと歯肉に高い親和性を持つペプチドもしくは人工タンパク質・キメラタンパク質を表面に結合した機能性チタンインプラント材料で、細菌感染等に抵抗性の高いものを提供する。または、可視光領域でも光触媒能を持つような、前記ペプチドもしくは人工タンパク質・キメラタンパク質と二酸化チタン複合体、もしくは前記複合体とクロモフォアのような低分子化合物との複合体を提供することや、前記のペプチドと、肌にやさしいコラーゲン等とのキメラタンパク質・人工タンパク質を表面に結合した二酸化チタン顔料を提供することにある。
- 5 本発明者らは、上記課題を解決するため鋭意研究し、金属チタンに水溶液中で、多様なペプチド配列をファージ粒子上に提示したファージ集団を接触させ、ファージ粒子がペプチド配列を介して結合したチタンを遠心操作により回収し、得られたチタンに結合したファージ粒子を大腸菌中で増殖させ、次いで、増殖させたペプチド配列をファージ粒子上に提示したファージ集団をチタンに再度接触させるパニング操作を繰り返すことによりチタンに結合するファージクローンを濃縮し、チタンを特異的に認識する、チタンに結合能を有するペプチドを提示すると考えられるファージライブラリーを得た。
- 10 得られたファージライブラリーをクローン化し、提示しているアミノ酸配列を調べた。前記のパニング操作を繰り返すことで、特にチタンに強く結合できる配列を提示するクローンがファージライブラリー中に、
- 15
- 20
- 25

多数を占めることが予想されるが、RKLPDAPGMHTW（配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチド）を提示するファージクローンが 43 クローン中 33 クローンあり、配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクロンのチタンへの結合能は、配列番号 16 ～ 38 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクロンの結合能を大きく上回るものであることを見出した。

チタンに対して、得られた配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するクローンが、果たして提示している配列を介して結合しているかどうかを検討する必要がある。水晶振動子形相互作用定量装置で消散を同時に測定できる QCM-D 300（q-sense AB社 イェテボリ）を用いることで、配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクロンのチタンへの結合が、提示する配列を介して特異的に結合しているかどうかを確認することができる。

ファージのように非常に長く伸びた分子が、水晶振動子センサーに対して垂直方向に結合したとき、結合量を表す周波数の減少に対して、消散により測定される粘弾性が極端に上昇する。また、逆に非常に長く伸びた分子であっても、水晶振動子センサー面に水平に方向に結合したとき、周波数の減少に対して粘弾性の極端な上昇は見られない。実際に、配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクローンは、チタン表面に対して、垂直方向に結合していることを示す結果を得た。水晶振動子形相互作用解析装置によるファージの結合様式を調べた例は、おそらく世界で初めてであり、この方法が固体表面に結合するファージの解析に非常に有用であることを同時に示した。

チタンは、水中でその表面は直ちに酸化され、水酸基がチタン原子に結合する。結合した水酸基は、二つのチタン原子間をブリッジする水酸

基と、ひとつのチタン原子と結合したターミナルの水酸基に別れると考えられる。ブリッジの水酸基とターミナルの水酸基ではそれぞれ極性が異なるため、異なる pK を持つ。ブリッジの水酸基は酸として、ターミナルの水酸基は塩基として作用していると考えられている。このチタン表面に配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドがどのような特異性で結合しているのかを調べることで、チタンとペプチドの結合を制御することが可能になる。

一般にペプチドモチーフの特異性についての検討は、点変異の導入による機能に重要な役割を果たす残基の同定、欠失変異体の解析による機能領域の絞り込みが行われる。前者においては、アラニンスキャニングと呼ばれる一連のアラニン置換点変異体の機能解析がしばしば行われる。電荷を持たず、メチル基がひとつだけの小さな側鎖を持つアラニンへの置換は、そのアミノ酸残基の側鎖の機能を損なうと考えられている。配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクローンについてアラニンスキャニングを行った。配列番号 4 ~ 14 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示する一連の点変異ファージクローンを作製し、それぞれのクローンのチタンへの結合能を調べた結果、4 番目のプロリンへの点変異体の結合能は、今回調べた中で最も大きく失われた。プロリンは、グリシンと同じくペプチドやタンパク質の主鎖が大きく折れ曲がる役割をしている。このことから、配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドがチタンに結合するのに、4 番目のプロリンに於ける主鎖の折れ曲がりが必要な役割を果たしていることが強く示唆された。また、側鎖に電荷を持つアミノ酸のうち 1 番目のアルギニンと 5 番目のアスパラギン酸への点変異体の結合能が著しく損なわれたことから、これらの残基が前記したチタン表面の正負の電荷と相互作用していることが示唆された。

アラニンスキャニングの結果、配列番号 2 の前半部、配列番号 1 の領域が、チタンへの結合に重要な役割を果たしていることを支持する結果が得られたので、配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドの 7 ～ 12 番目を欠失した欠失変異体、すなわち配列番号 1 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクローンを作製し、チタンへの結合能を調べた。チタンへの結合能は、欠失により影響を受けなかったことから、配列番号 1 で表されるアミノ酸配列部分だけで十分にチタン結合能を有することが明らかになった。

配列番号 3 のペプチド配列が、チタンに結合する際、一番目のアルギニンの側鎖の正電荷の重要性は前記の通りであるが、同時に主鎖のアミノ末端のアミノ基と協調的に働いてチタンに結合している可能性が残る。そこで、配列番号 3 で表されるアミノ酸配列についてアミノ末端にアラニンを挿入した挿入変異体（配列番号 15）を作製し、チタンへの結合能を調べた。その結果チタンへの結合能の上昇が見られた。結合能の上昇の理由としては、配列番号 3 の 2 番目のリジンの側鎖の正電荷と主鎖のアミノ末端のアミノ基の正電荷間の反発が、一残基のアミノ酸の挿入により減少し、配列番号 15 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドの構造がより安定化したことによるものであると考えることができる。また、この結果は、配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドがチタンに結合するのに、必ずしもアルギニンが先頭（アミノ末端）にある必要がないということを意味する。このことは、チタンに結合するキメラタンパク質、人工タンパク質や合成ペプチドなどを作製する際、配列番号 1 または 3 の配置に一次構造上の制約を全く受けないことを意味する重要な知見である。

過酸化水素処理により、チタン表面により多くの水酸基が結合することは知られている。また、前記の通り配列番号 1, 3 で表されるアミノ

酸配列からなるペプチドとチタン表面の相互作用は、チタンに結合した水酸基の電荷と、配列番号 1, 3 の一番目のアルギニンの側鎖と 5 番目のアスパラギン酸の側鎖間の静電的相互作用によるものが支配的だと考えられる。チタンに結合する水酸基の量を調節することができれば、チタンとペプチドの結合量を調節することができる可能性がある。実際に、過酸化水素処理したチタンへの配列番号 3 を提示するファージクローンの結合能は上昇した。このことは、過酸化水素処理によるチタン表面への水酸基のさらなる付加により、配列番号 3 を提示するファージクローン、配列番号 3 のペプチド、およびこれを含む人工タンパク質・キメラタンパク質の結合量を増やすことができる。また、逆にチタン表面から水酸基を除いた場合、配列番号 3 で表されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクローン、配列番号 3 のペプチド、およびこれを含む人工タンパク質・キメラタンパク質の結合量を減らすことができると期待される。チタン表面から水酸基を取り除く方法としては、例えばフッ化ナトリウム処理がある。これらの方法を組み合わせることで、チタンへの配列番号 3 を提示するファージクローン、配列番号 3 のペプチド、およびこれを含む人工タンパク質・キメラタンパク質の結合量を調節できると期待される。

また、チタン結合能を有するペプチドの金属材料への結合の特異性を調べたところ、チタン以外にも銀、シリコンに選択的に結合し、金・白金・銅・鉄・錫・亜鉛・クロム等には結合しないことを見い出した。この金属材料結合特異性を利用して、例えば金基盤上にチタンでパターンニングを施し、機能性化合物、例えば半導体ナノ粒子を抱合したチタン結合ペプチド、およびこれを含む人工タンパク質・キメラタンパク質を加えることで、チタン結合ペプチドを介して機能性化合物を金基盤上にパターン化することが期待できる。

本発明者らは、上記知見に基づき、本発明を完成するに至った。

発明の開示

すなわち本発明は、（１）チタンに、異なったペプチド配列をファージ粒子上に提示したファージ集団を接触させ、ファージ粒子がペプチド配列を介して結合したチタンを遠心操作により回収し、得られたチタンに結合したファージ粒子を菌体中で増殖させ、次いで、増殖させたペプチド配列をファージ粒子上に提示したファージ集団をチタンに接触させるパニング操作を繰り返すことにより、チタンに結合するファージクローンを濃縮することを特徴とするチタンに結合能を有するペプチドのスクリーニング方法や、（２）上記（１）記載のスクリーニング方法により得られることを特徴とするチタンに結合能を有するペプチドに関する。

また本発明は、（３）配列番号１に示されるアミノ酸配列からなるチタンに結合能を有するペプチドや、（４）配列番号１に示されるアミノ酸配列において、１若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチタンに結合能を有するペプチドや、（５）配列番号１に示されるアミノ酸配列の１，４，５番目のアミノ酸残基が保存されていることを特徴とする上記（４）記載のチタンに結合能を有するペプチドや、（６）２番目のリジンがアラニンに置換された配列番号２に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする上記（５）記載のチタンに結合能を有するペプチドや、（７）配列番号３に示されるアミノ酸配列からなるチタンに結合能を有するペプチドや、（８）配列番号３に示されるアミノ酸配列において、１若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチタンに結合能を有するペプチドや、（９）配列番号３に示されるアミノ酸配列の１，４，５番目のアミノ酸残基が保存されていることを特徴とする上

記（８）記載のチタンに結合能を有するペプチドや、（１０）１～５番目及び７～１２番目のアミノ酸残基がそれぞれアラニンに置換された配列番号４～１４に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする上記

- （８）記載のチタンに結合能を有するペプチドや、（１１）配列番号３
５ 示されるアミノ酸配列のＮ末端にアラニンが付加・挿入された配列番号１５に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする上記（８）又は（９）記載のチタンに結合能を有するペプチドや、（１２）配列番号１６～２４に示されるアミノ酸配列からなるチタンに結合能を有するペプチドや、（１３）配列番号１６～２４に示されるアミノ酸配列において、１若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ
１０ 酸配列からなり、かつチタンに結合能を有するペプチドや、（１４）配列番号２５～３８に示されるアミノ酸配列からなるチタンに結合能を有するペプチドや、（１５）配列番号２５～３８に示されるアミノ酸配列において、１若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加された
１５ アミノ酸配列からなり、かつチタンに結合能を有するペプチドや、（１６）化学修飾されていることを特徴とする上記（２）～（１５）のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチドに関する。

- さらに本発明は、（１７）チタンが、金属チタン、チタン合金又は二酸化チタンであることを特徴とする上記（２）～（１６）のいずれか記
２０ 載のチタンに結合能を有するペプチドや、（１８）上記（２）～（１６）のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチドがチタンと結合したチタン－ペプチド複合体や、（１９）上記（２）～（１６）のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチドと、機能性ペプチド又は機能性タンパク質との結合体であって、かつチタンに結合能を有する人工タン
２５ パク質や、（２０）機能性ペプチド又は機能性タンパク質が、チタンに結合能を有するペプチドと協働して、二次元結晶を自己集合で形成しう

るペプチド又はタンパク質であることを特徴とする上記（１９）記載の人工タンパク質や、（２１）機能性ペプチド又は機能性タンパク質が、細胞接着活性等の細胞認識活性をもつペプチド配列を有するペプチド又はタンパク質であることを特徴とする上記（１９）記載の人工タンパク質や、（２２）上記（１９）～（２１）のいずれか記載の人工タンパク質がチタンと結合したチタン－人工タンパク質複合体や、（２３）上記（２）～（１７）のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチドと、標識化物質若しくはペプチドタグとの結合体、又は非ペプチド系化合物との結合体であって、かつチタンに結合能を有するキメラタンパク質や、（２４）上記（２３）記載のキメラタンパク質がチタンと結合したチタン－キメラタンパク質複合体や、（２５）上記（２）～（１７）のいずれが記載のチタンに結合能を有するペプチドをその粒子表面上に提示し、かつチタンに結合能を有するファージや、（２６）上記（２５）記載のファージがチタンと結合したチタン－ファージ複合体や、（２７）上記（２）～（１７）のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチドを用いることを特徴とするチタン表面の改質又はチタン粒子の形成方法や、（２８）上記（１９）～（２１）のいずれか記載のチタンに結合能を有する人工タンパク質を用いることを特徴とするチタン表面の改質、チタン粒子の形成又はチタンの整列化方法や、（２９）上記（２３）記載のチタンに結合能を有するキメラタンパク質を用いることを特徴とするチタン表面の改質又はチタン粒子の形成方法や、（３０）上記（２５）記載のチタンに結合能を有するファージを用いることを特徴とするチタンの整列化又はチタン粒子の形成方法や、（３１）上記（２２）記載のチタン－人工タンパク質複合体を有効成分とするインプラント材料に関する。

また本発明は、（３２）配列番号１に示されるアミノ酸配列からなる

銀に結合能を有するペプチドや、(33) 配列番号1に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつ銀に結合能を有するペプチドや、(34) 配列番号1に示されるアミノ酸配列の1, 4, 5番目のアミノ酸残基が保存されていることを特徴とする上記(33) 記載の銀に結合能を有するペプチドや、(35) 2番目のリジンがアラニンに置換された配列番号2に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする上記(34) 記載の銀に結合能を有するペプチドや、(36) 配列番号3に示されるアミノ酸配列からなる銀に結合能を有するペプチドや、(37) 配列番号3に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつ銀に結合能を有するペプチドや、(38) 化学修飾されていることを特徴とする上記(32) ~ (37) のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドや、(39) 上記(32) ~ (38) のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドが銀と結合した銀-ペプチド複合体や、(40) 上記(32) ~ (38) のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドと、機能性ペプチド又は機能性タンパク質との結合体であって、かつ銀に結合能を有する人工タンパク質や、(41) 上記(40) 記載の人工タンパク質が銀と結合した銀-人工タンパク質複合体や、(42) 上記(32) ~ (38) のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドと、標識化物質若しくはペプチドタグとの結合体、又は非ペプチド系化合物との結合体であって、かつ銀に結合能を有するキメラタンパク質や、(43) 上記(42) 記載のキメラタンパク質が銀と結合した銀-キメラタンパク質複合体や、(44) 上記(32) ~ (38) のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドをその粒子表面上に提示し、かつ銀に結合能を有するファージや、(45) 上記(44) 記載のファージが銀と結合した銀-ファージ

アージ複合体や、(46) 上記(32)～(38)のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドを用いることを特徴とする銀表面の改質又は銀粒子の形成方法や、(47) 上記(40) 記載の銀に結合能を有する人工タンパク質を用いることを特徴とする銀表面の改質、銀粒子の形成又は銀の整列化方法や、(48) 上記(42) 記載の銀に結合能を有するキメラタンパク質を用いることを特徴とする銀表面の改質又は銀粒子の形成方法や、(49) 上記(44) 記載の銀に結合能を有するファージを用いることを特徴とする銀粒子の形成又は銀の整列化方法や、(50) 配列番号1に示されるアミノ酸配列からなるシリコンに結合能を有するペプチドや、(51) 配列番号1に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつシリコンに結合能を有するペプチドや、(52) 配列番号1に示されるアミノ酸配列の1, 4, 5番目のアミノ酸残基が保存されていることを特徴とする上記(49) 記載のシリコンに結合能を有するペプチドや、(53) 2番目のリジンがアラニンに置換された配列番号2に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする上記(50) 記載のシリコンに結合能を有するペプチドや、(54) 配列番号3に示されるアミノ酸配列からなるシリコンに結合能を有するペプチドや、(55) 配列番号3に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつシリコンに結合能を有するペプチドや、(56) 化学修飾されていることを特徴とする上記(50)～(55)のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドや、(57) 上記(50)～(56)のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドがシリコンと結合したシリコン-ペプチド複合体や、(58) 上記(50)～(56)のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドと、機能性ペプチド又は機能

性タンパク質との結合体であって、かつシリコンに結合能を有する人工タンパク質や、(59) 上記(58) 記載の人工タンパク質がシリコンと結合したシリコンー人工タンパク質複合体や、(60) 上記(50) ~ (56) のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドと、標識化物質若しくはペプチドタグとの結合体、又は非ペプチド系化合物との結合体であって、かつシリコンに結合能を有するキメラタンパク質や、(61) 上記(60) 記載のキメラタンパク質がシリコンと結合したシリコンーキメラタンパク質複合体や、(62) 上記(50) ~ (56) のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドをその粒子表面上に提示し、かつシリコンに結合能を有するファージや、(63) 上記(62) 記載のファージがシリコンと結合したシリコンーファージ複合体や、(64) 上記(50) ~ (56) のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドを用いることを特徴とするシリコン表面の改質又はシリコン粒子の形成方法や、(65) 上記(58) 記載のシリコンに結合能を有する人工タンパク質を用いることを特徴とするシリコン表面の改質、シリコン粒子の形成又はシリコンの整列化方法や、(66) 上記(60) 記載のシリコンに結合能を有するキメラタンパク質を用いることを特徴とするシリコン表面の改質改質又はシリコン粒子の形成方法や、(67) 上記(62) 記載のシリコンに結合能を有するファージを用いることを特徴とするシリコン粒子の形成又はシリコンの整列化方法や、(68) 上記(2) ~ (17) のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチド、上記(32) ~ (38) のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチド、又は、上記(50) ~ (56) のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドを原子間力顕微鏡(AFM)の探針(プローブ)として使用する方法に関する。

図面の簡単な説明

第 1 図は D-12 ファージライブラリーを用いた、チタン粒子へのパニングの結果を示す写真である。

縦軸は、溶出されてきたファージの力価を加えたファージの力価で割った値を、対数で表したものの、横軸の数字は、パニングの回数を表す。

第 2 図は、C7C ファージライブラリーを用いた、チタン粒子へのパニングの結果を示す写真である。

縦軸は、溶出されてきたファージの力価を加えたファージの力価で割った値を、対数で表したものの、横軸の数字は、パニングの回数を表す。

第 3 図は、D-12 ライブラリーを用いて、チタン粒子に対してパニングを 3 回繰り返した後に得られたクローンが提示するペプチドのアミノ酸配列を示す写真である。

一番左はクローンの名前、その横に提示配列をアミノ酸一文字表記にて示してある。

第 4 図は、C7C ライブラリーを用いて、チタン粒子に対してパニングを 3 回繰り返した後に得られたクローンが提示するペプチドのアミノ酸配列を示す写真である。

一番左はクローンの名前、その横に提示配列をアミノ酸一文字表記にて示してある。なお、ここで示したアミノ酸配列には、両端に、C7C ライブラリーの提示配列が環状になるために必要なチオール基を持つシステイン残基を含んでいる。

第 5 図は、クローン化したファージのチタンへの結合能を調べた結果を示す写真である。

縦軸は、溶出されてきたファージの力価を加えたファージの力価で割った値を、対数で表したものの、横軸は、図 3、図 4 中に示す各ファージクローンを表す。

第6図は、水晶発振子形生体分子相互作用解析装置QCM-D300を用いた配列番号3で示されるペプチドを提示するファージクローンのチタン表面への結合状態の解析結果を示す写真である。

第7図は、チタン製水晶発振子センサー上へのファージの結合状態の
5 模式図の写真である。

QCM-D300を用いたチタン表面へのファージクローンの結合を模式的に表した。上が、BSAでセンサーをブロッキングしたときの結合状態、下は、ブロッキングをしなかったときの結合状態を示している。

第8図は、実施例で用いたプライマーの塩基配列を示す写真である。

10 この図の最初の段落の左に記されている「アルファベット-数字-アルファベット」は、そのプライマーを使って作製した変異体の名前が書かれている。名前の由来は、e3-2-3の配列をアミノ酸一文字表記、そのアミノ酸残基のアミノ端からの位置を数字で表し、最後のAは、アラニンに置換したことを意味する。例としてP4Aをあげると、配列番
15 号3のN末端から4番目のプロリンをアラニンに置換するのに用いたプライマーのことである。

次に、 $\Delta 7-12F$ 、 $\Delta 7-12R$ 、 $K2A\Delta 7-12R$ は、実施例5に説明する欠失変異体作製に用いたプライマーである。それぞれ、 $\Delta 7-12F$ と $\Delta 7-12R$ の組み合わせ、 $\Delta 7-12F$ と $K2A\Delta 7-$
20 $12R$ の組み合わせでPCRに用いた。

A l a i n s e r t は、実施例6に説明する挿入変異体作製に用いたプライマーである。

第9図は、点変異が及ぼす配列番号4～14で示されるペプチドを提示するファージクローンのチタンへの結合能への影響を調べた結果を示
25 す写真である。

縦軸は、配列番号4～14で示されるペプチドを提示するファージの

チタンへの結合能を1としたときの点変異体の結合能の値を対数で表したものの、横軸は、各点変異体を表す。

第10図は、PCR法を用いた欠失変異体作製法の模式図の写真である。

- 5 第11図は、欠失変異と挿入変異が及ぼす配列番号2と15で示されるペプチドを提示するファージクローンのチタンへの結合能への影響を調べた結果を示す写真である。

- 縦軸は、配列番号1で示されるペプチドを提示するファージクローンのチタンへの結合能を1としたときの点変異体の結合能の値を表したものの、横軸は、欠失および挿入変異体を表す。
- 10

第12図は、チタン粒子の過酸化水素処理によるファージ結合能への影響の結果を示す写真である。

第13図は、配列番号3で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージの各種金属への結合能を調べた結果を示す写真である。

- 縦軸は、配列番号3で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージの結合量を、提示配列を持たないファージの結合量で割った値であり、配列番号3で示されるアミノ酸配列からなるペプチドによる結合の寄与を表している。銅と鉄は、どちらのファージも結合量が検出限界以下であった。
- 15

- 第14図は、配列番号3で示されるアミノ酸配列からなるペプチドにおけるアラニン置換変異がチタン・銀・シリコンへの結合に及ぼす影響を調べた結果を示す写真である。
- 20

縦軸は、配列番号3で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージの結合量を1として規格化した値を表す。

- 第15図は、配列番号3で示されるアミノ酸配列からなる合成ペプチドのバイオミネラリゼーションにより生成された銀粒子の電子顕微鏡像
- 25

と電子線回折パターンを示す写真である。

第 16 図は、配列番号 3 で示されるアミノ酸配列からなる合成ペプチドのバイオミネ랄化により生成されたシリカ量とペプチド濃度との関係を示す写真である。

- 5 白抜き記号と点線部のペプチド濃度条件下では、ゲル状のシリカが形成され、黒塗り記号と実線部のペプチド濃度条件下では、粒子状のシリカが形成される。

- 第 17 図は、配列番号 3 で示されるアミノ酸配列からなる合成ペプチドのバイオミネ랄化により生成されたシリカ粒子の透過型電子顕微鏡像と走査型電子顕微鏡像を示す写真である。
- 10

第 18 図は、配列番号 1 で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを融合したフェリチン発現ベクター構築の模式図の写真である。

第 19 図は、配列番号 1 で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを融合した組換えフェリチンのチタン表面への結合結果を示す写真である。

15

発明を実施するための最良の形態

- 本発明のチタンに結合能を有するペプチドのスクリーニング方法としては、チタンに、異なったペプチド配列をファージ粒子上に提示（ディスプレイ）したファージ集団（ファージライブラリー）を接触、好ましくは水溶液中で接触させ、ファージ粒子がペプチド配列を介して結合したチタンを遠心操作により回収し、得られたチタンに結合したファージ粒子を大腸菌等の菌体中で増殖させ、次いで、増殖させたペプチド配列をファージ粒子上に提示したファージ集団をチタンに接触させるパニング操作を繰り返すことにより、チタンに結合するファージクローンを濃縮するスクリーニング方法であれば特に制限されるものではなく、上記
- 20
- 25
- チタンとしては、粒子状、板状等の金属チタン、チタン合金、二酸化チ

タンなどのチタンを用いることができる。また、上記ファージライブラリーは、化学合成したランダムDNAをファージDNA（ファージミド）に挿入し、宿主大腸菌に遺伝子導入することでファージウィルスを形成する分子が生合成され、ウィルス粒子の外殻タンパク質 p III の N 末端の先にランダムペプチドが発現され、ランダム化した部分のアミノ酸残基（-Xn-, X=any amino acid）を表層に提示するファージとして調製することもできるが、市販されているファージライブラリー（random 7 mer, 12 mer, cyclic 7 mer など）を用いることもできる。

本発明のチタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチドとしては、上記本発明のチタンに結合能を有するペプチドのスクリーニング方法により得られるチタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチドやその変異体を挙げるることができる。具体的には、配列番号 1 に示されるアミノ酸配列 R K L P D A からなるチタン、銀及びシリコンに結合能を有するペプチド（ $\Delta 7-1.2$ ）や、配列番号 1 に示されるアミノ酸配列において、1 若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチド（ $\Delta 7-1.2$ 変異体）を、チタン、銀及び／又はシリコンへの優れた結合能を有する点で好適に例示することができる。上記 $\Delta 7-1.2$ 変異体の中でも、配列番号 1 に示されるアミノ酸配列の 1 番目（Arg），4 番目（Pro），5 番目（Asp）のアミノ酸残基が保存されているペプチドが好ましく、2 番目（Lys）が Ala に置換された配列番号 2 に示されるアミノ酸配列からなるペプチド（K 2 A - $\Delta 7-1.2$ ）がチタン、銀及びシリコンへの優れた結合能を有する点で特に好ましい。

また、本発明のチタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチドとして、配列番号 3 に示されるアミノ酸配列 R K L P D A P G M H

TWからなるチタンに結合能を有するペプチド（e 3 - 2 - 3）や、配列番号3に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するペプチド（e 3 - 2 - 3 変異体）を、チタン、銀及び／又はシリコンへの優れた結合能を有する点で好適に例示することができる。上記 e 3 - 2 - 3 変異体としては、1～5番目及び7～12番目のアミノ酸残基がそれぞれAlaに置換された配列番号4～14に示されるアミノ酸配列からなるペプチド（R 1 A, K 2 A, L 3 A, P 4 A, D 5 A, P 7 A, G 8 A, M 9 A, H 1 0 A, T 1 1 A, W 1 2 A）や、e 3 - 2 - 3 のN末端にAlaが付加・挿入された配列番号15に示されるアミノ酸配列からなるペプチド（Ala insert）を挙げるることができる。Ala insertは、チタン、銀及び／又はシリコンへの優れた結合能を有する点で特に好ましい。

また、本発明のチタンに結合能を有するペプチドとして、e 3 - 2 - 3 同様に、12残基の直線状ランダムペプチドを提示するD 1 2 ライブラリー（New England Biolabs社、Beverly）由来の配列番号16～24に示されるアミノ酸配列からなるペプチドや、配列番号16～24に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチタンに結合能を有するペプチドを例示することができる。

さらに、本発明のチタンに結合能を有するペプチドとして、7残基の環状ランダムペプチドを提示するC 7 C ライブラリー（New England Biolabs社）由来の配列番号25～38に示されるアミノ酸配列からなるペプチドや、配列番号25～38に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチタンに結合能を有するペプチドを例示することができる。

る。

ここで、アミノ酸の「置換、欠失若しくは付加」の程度及びそれらの位置などは、改変されたペプチドが、配列番号 1 や 3 で示されるアミノ酸配列からなるペプチドと同様に、チタン、銀及び／又はシリコンに結合能を有する同効物であればすべて本発明に包含される。

また、チタンとしては、金属チタン、チタン合金、不定形二酸化チタン、二酸化チタンアナターゼ結晶、二酸化チタンルチル結晶、二酸化チタンブルカイト結晶を例示することができる。

上記本発明のチタンに結合能を有するペプチド群（以下、これらペプチドを「本件チタン結合ペプチド」という）、銀に結合能を有するペプチド群（以下、これらペプチドを「本件銀結合ペプチド」という）、シリコンに結合能を有するペプチド群（以下、これらペプチドを「本件シリコン結合ペプチド」という）は、そのアミノ酸配列に従って、一般的な化学合成法により製造することができる。そして、化学合成法には、通常の液相法及び固相法によるペプチド合成法が包含される。かかるペプチド合成法は、より詳しくは、アミノ酸配列情報に基づいて、各アミノ酸を 1 個ずつ逐次結合させ鎖を延長させていくステップワイズエロゲーション法と、アミノ酸数個からなるフラグメントを予め合成し、次いで各フラグメントをカップリング反応させるフラグメント・コンデンセーション法とを包含する。本発明のペプチドの合成は、そのいずれによることもできる。

上記ペプチド合成に採用される縮合法も、公知の各種方法に従うことができる。その具体例としては、例えばアジド法、混合酸無水物法、DCC 法、活性エステル法、酸化還元法、DPPA（ジフェニルホスホリルアジド）法、DCC + 添加物（1-ヒドロキシベンゾトリアゾール、N-ヒドロキシサクシンアミド、N-ヒドロキシ-5-ノルボルネン-2,

3-ジカルボキシイミド等)、ウッドワード法等を例示できる。これら各方法に利用できる溶媒もこの種ペプチド縮合反応に使用されることがよく知られている一般的なものから適宜選択することができる。その例としては、例えば ジメチルホルムアミド(DMF)、ジメチルスルホキシド(DMSO)、ヘキサホスホロアミド、ジオキサン、テトラヒドロフラン(THF)、酢酸エチル等及びこれらの混合溶媒等を挙げることができる。

上記ペプチド合成反応に際して、反応に関与しないアミノ酸やペプチドにおけるカルボキシル基は、一般にはエステル化により、例えばメチルエステル、エチルエステル、第三級ブチルエステル等の低級アルキルエステル、例えばベンジルエステル、p-メトキシベンジルエステル、p-ニトロベンジルエステルアラキルエステル等として保護することができる。また、側鎖に官能基を有するアミノ酸、例えば Tyr の水酸基は、アセチル基、ベンジル基、ベンジロキシカルボニル基、第三級ブチル基等で保護されてもよいが、必ずしもかかる保護を行う必要はない。更に例えば Arg のグアニジノ基は、ニトロ基、トシル基、2-メトキシベンゼンスルホニル基、メチレン-2-スルホニル基、ベンジロキシカルボニル基、イソボルニルオキシカルボニル基、アダマンチルオキシカルボニル基等の適当な保護基により保護することができる。上記保護

基を有するアミノ酸、ペプチド及び最終的に得られる本件チタン結合ペプチド等におけるこれら保護基の脱保護反応もまた、慣用される方法、例えば接触還元法や、液体アンモニア/ナトリウム、フッ化水素、臭化水素、塩化水素、トリフルオロ酢酸、酢酸、蟻酸、メタンスルホン酸等を用いる方法等に従って、実施することができる。

その他、本件チタン結合ペプチド等は、本件チタン結合ペプチド等をコードするDNAの塩基配列情報により、遺伝子工学的手法を用いて常

法により調製することもできる。このようにして得られる本件チタン結合ペプチド等は、通常の方法に従って、例えばイオン交換樹脂、分配クロマトグラフィー、ゲルクロマトグラフィー、アフィニティークロマトグラフィー、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）、向流分配法等のペプチド化学の分野で汎用されている方法に従って、適宜その精製を行うことができる。

また、本件チタン結合ペプチド、本件銀結合ペプチド、本件シリコン結合ペプチドとして、化学修飾がなされたペプチドを有利に用いることができる。かかる化学修飾としては、官能基を有するアミノ酸への置換からなる化学修飾や、リンカーとの結合を容易に形成させるための化学修飾を挙げることができるが、化学修飾によりチタン、銀、シリコンへの結合能が低下しない修飾が好ましい。例えば、上記リンカーとの結合を容易に形成させるための化学修飾としては、ビオチンのN-ヒドロキシサクシイミドエステル体を用いて、ペプチドのアミノ基へのビオチンの共有結合を挙げることができる。かかるペプチドのビオチン化により、後述するキメラ分子を容易に作製することができる。

本発明のチタン、銀、シリコンに結合能を有する人工タンパク質としては、本件チタン結合ペプチド、本件銀結合ペプチド、又は本件シリコン結合ペプチドと、機能性ペプチド又は機能性タンパク質との結合体からなるものであれば特に制限されるものではなく、上記機能性ペプチド又はタンパク質の機能としては、 α ヘリックス形成等の二次構造を形成しやすい機能、石灰化促進機能、骨増殖分化誘導機能、クロモフォア結合機能、コラーゲン結合機能、細胞接着機能、細胞外へタンパク質を局在化させる機能、特定の細胞内小器官（ミトコンドリア、葉緑体、ERなど）にターゲットする機能、細胞膜に埋め込まれる機能、アミロイド繊維形成機能、繊維性タンパク質の形成機能、タンパク質性ゲル形成機

能、タンパク質性フィルム形成機能、単分子膜形成機能、二次元結晶を自己集合で形成しうる等の自己集合機能、粒子形成機能、他のタンパク質の高次構造形成を補助する機能、ウィルス等の中和抗体を誘導する抗原機能、免疫賦活化する機能 (Nature Medicine, 3: 1266-1270, 1997

5)、細胞増殖を促進又は抑制する機能、癌細胞を特異的に認識する機能、
プロテイン・トランスダクション機能、細胞死誘導機能、抗原決定残基
呈示機能、金属結合機能、補酵素結合機能、触媒活性機能、蛍光発色活
性機能、特定の受容体に結合してその受容体を活性化する機能、信号伝
達に関わる特定の因子に結合してその働きをモジュレートする機能、タ
10 ンパク質、DNA、RNA、糖などの生体高分子を特異的に認識する機
能などを挙げることができる。これらの人工タンパク質は、チタンに結
合能を有するペプチドに機能性ペプチド又は機能性タンパク質を、アミ
ノ酸レベルで、あるいはDNAレベルで直接的又は間接的に連結するこ
とにより作製することができる。DNAレベルで作製する際には、本発
15 明者らにより提案されている「高分子マイクロ遺伝子重合体の作成方法
」(特許第3415995号公報)や「多機能塩基配列及びそれを含む
人工遺伝子」(特開2001-352990号公報)に開示された人工
タンパク質の設計技術を有利に用いることができる。

上記機能性ペプチド又は機能性タンパク質の中でも、例えば、チタン、
20 銀又はシリコンに結合能を有するペプチドと協働して、二次元結晶を自
己集合で形成しうるペプチド又はタンパク質を用いると、その二次元結
晶に沿ってチタン、銀又はシリコンをナノスケールできれいに整列化す
ることができる人工タンパク質を構築することができる。かかるチタン、
銀又はシリコンに結合能を有するペプチドと協働して、二次元結晶を自
25 己集合で形成しうるペプチド又はタンパク質として、ウィルス(例えば、
アデノウィルス、ロタウィルス、ポリオウィルス、HK97、CCMV

等)、フェリチンやアポフェリチンのようなフェリチンファミリー、D p s Aタンパク質やM r g Aタンパク質を挙げることができる。その他の、二次元結晶を自己集合で形成しうるペプチド又はタンパク質としては、人工的に設計された繰り返し性に富む人工タンパク質などを挙げることができる。また、タンパク質の二次元結晶を作製する方法としては、
5 タンパク質溶液を水面上に単分子膜で展開させた後、固体基板に吸着させる方法などを例示することができる。

また、上記機能性ペプチド又は機能性タンパク質の中でも、例えば、細胞接着活性等の細胞認識活性をもつペプチド配列を有するペプチド又はタンパク質を用いると、チタン、銀又はシリコンと細胞を同時に認識する複合活性をもつ人工タンパク質を得ることができる。かかる細胞接着活性等の細胞認識活性をもつペプチド配列を有するペプチド又はタンパク質としては、各種リガンド、モノクローナル抗体やその可変領域、
1 本鎖抗体等を例示することができる他、上記のような天然タンパク質
15 に限らず、細胞接着活性を有するペプチドを含む人工タンパク質を挙げることができる。

本発明のチタン、銀又はシリコンに結合能を有するキメラタンパク質としては、本件チタン結合ペプチド、本件銀結合ペプチド、又は本件シリコン結合ペプチドと、単独又は他の物質と反応することにより検出可能なシグナルをもたらすことができる標識化物質又はペプチドタグとの結合体からなるキメラ分子を挙げることができる。上記標識化物質としては、酵素、蛍光物質、化学発光物質、放射性同位体、抗体のF c領域、等を挙げることができ、具体的には、ペルオキシダーゼ（例えば、horseradish peroxidase）、アルカリフォスファターゼ、 β -D-ガラクトシダーゼ、グルコースオキシダーゼ、グルコース-6-ホスフェートデヒドロゲナーゼ、アルコール脱水素酵素、リンゴ酸脱水素酵素、ペ
20
25

ニシリナーゼ、カタラーゼ、アポグルコースオキシダーゼ、ウレアーゼ、
ルシフェラーゼ若しくはアセチルコリンエステラーゼ等の酵素、フルオ
レスセインイソチオシアネート、フィコビリタンパク、希土類金属キレ
ート、ダンシルクロライド若しくはテトラメチルローダミンイソチオシ
5 アネート等の蛍光物質、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{125}I 等の放射性同位体、化学発光物
質を挙げることができる。また、ペプチドタグとしては、HA、FLAG、Myc等のエピトープタグや、GST、マルトース結合タンパク質、
ビオチン化ペプチド、オリゴヒスチジン(His)等の親和性タグなど
の従来知られているペプチドタグを具体的に例示することができる。例
10 えば、HisタグとNi-NTAの親和性を利用すると、チタン・ペプ
チドあるいはタンパク質複合体を容易に精製することができる。

また、本発明のチタン、銀、又はシリコンに結合能を有するキメラタ
ンパク質としては、本件チタン結合ペプチド、本件銀結合ペプチド、又
は本件シリコン結合ペプチドと、非ペプチド系化合物との結合体からな
15 るキメラ分子を挙げることができる。上記非ペプチド系化合物のうち、
非ペプチド系低分子化合物としては、フルオレセイン、ローダミン等の
蛍光色素、クロラムフェニコール、アンピシリン等の抗生物質を、非ペ
プチド系高分子化合物としては、ポリスチレン、ポリプロピレン、ポリ
エチレン、ガラスビーズ、シリカゲル、多糖類(誘導体を含む)、ポリ
20 エチレングリコール等のポリアルキレングリコールを具体的に例示する
ことができる。

本発明のチタン、銀、又はシリコンに結合能を有するファージとして
は、本件チタン結合ペプチド、本件銀結合ペプチド、又は本件シリコン
結合ペプチドをその粒子表面上に提示するファージであればどのような
25 ものでもよく、かかるチタン、銀、又はシリコンに結合能を有するファ
ージは、前記のスクリーニングの過程で、チタン分子、銀分子、又はシ

リコン分子に強く結合したペプチド提示ファージを、その他のファージ
集団から分離することにより、チタン、銀、又はシリコンに結合するフ
ァージクローンとして得られる他、本件チタン結合ペプチド、本件銀結
合ペプチド、又は本件シリコン結合ペプチドをコードするDNAを常法
5 によりファージミドベクターに組み込んで大腸菌等の宿主細胞を形質転
換し、ヘルパーファージを感染させることで得ることもできる。一般的
にM13やfdなどの繊維状ファージは、高濃度の状態では液晶状態と
なり、規則的な整列構造をとることから、チタンを認識するペプチドフ
ァージを液晶状態にすることにより、チタンを認識するペプチドが規則
10 的にナノスケールで配列した状態をつくることができる。ここにチタン
を接触させると、ペプチドのチタン認識能力により、チタンを整列させ
ることができる。

本発明のチタン、銀又はシリコンとペプチドとの複合体や、チタン、
銀又はシリコンと人工タンパク質との複合体や、チタン、銀又はシリコ
ンとキメラタンパク質との複合体や、チタン、銀又はシリコンとファ
15 ジとの複合体としては、上記本発明のチタン、銀及び／又はシリコンに
結合能を有するペプチドや、上記本発明のチタン、銀及び／又はシリコ
ンに結合能を有する人工タンパク質や、上記本発明のチタン、銀及び／
又はシリコンに結合能を有するキメラタンパク質や、上記本発明のチタ
ン、銀及び／又はシリコンに結合能を有するファージが、チタン、銀又
20 はシリコンにイオン結合、パイ電子結合、ファンデルワールス結合、疎
水結合などの弱い結合のいずれか、あるいは組み合わせにより結合した
複合体を挙げることができる。特に、チタン－人工タンパク質複合体は、
インプラント材料、光触媒、顔料等として有利に用いることができる。
25 チタン結合ペプチドを融合した骨分化を促進するサイトカイン、例え
ばBMPをチタン製インプラント材にチタン結合ペプチドを介して結合

したものを用いることで、チタンインプラント近傍における積極的な骨化が起こることにより、オッセオインテグレーションの期間が短縮できることが期待される。また、チタン結合ペプチドを人工的に融合したハイドロキシアパタイトのバイオミネラリゼーションを促進するペプチド

5 あるいはタンパク質を、チタン製インプラント材にチタン結合ペプチドを介して結合したものをを用いることで、チタンインプラント表面の石灰化が促進され、オッセオインテグレーションの期間が短縮できることが期待される。あるいは、チタン結合ペプチドを人工的に融合した抗菌作用を持つペプチドあるいはタンパク質あるいは化合物を、チタン製イン

10 プラント材にチタン結合ペプチドを介して結合したものをを用いることで、オッセオインテグレーション中の感染症を低減することができる。さらに、チタン結合ペプチドを融合したコラーゲンをチタン製インプラント材にチタン結合ペプチドを介して結合することで、これまでの人工歯根では見られない、人工歯根に対し垂直にコラーゲン繊維が結合したよう

15 な構造を構築することができる。これは、強い力がかかったとき、本来の歯が持つ力を分散させるメカニズムを模倣しており、これにより人工歯根に対して強い力がかかったときに、従来の人工歯根よりも高い安定性を持つことができる。

このチタン結合ペプチドは、同時に銀にも結合することができるので、

20 例えば、チタン結合ペプチドを融合したコラーゲンを、酸化チタン顔料と銀に結合させた化粧品は、高い抗菌作用を付与することができる。

さらに、本発明の本件チタン結合ペプチドを用いるチタン表面の改質方法や、本件チタン結合ペプチドと結合した本発明の人工タンパク質を用いるチタン表面の改質、チタン粒子の形成又はチタンの整列化方法や、

25 本件チタン結合ペプチドと結合した本発明のキメラタンパク質を用いるチタン表面の改質又はチタン粒子の形成方法や、本件チタン結合ペプチ

ドを粒子表面上に提示した本発明のファージを用いるチタンの整列化又はチタン粒子の形成方法によると、チタン表面の性状やチタンの物性を改善することができ、特にタンパク質の自己集合能を利用した酸化チタンのパターンニングによる、ナノスケールのデバイス開発も可能となる。

- 5 また、本件銀結合ペプチドや本件シリコン結合ペプチドを用いる銀表面やシリコン表面の改質又は銀粒子やシリコン粒子の形成方法や、本件銀結合ペプチドや本件シリコン結合ペプチドと結合した本発明の人工タンパク質を用いる銀表面やシリコン表面の改質又は銀粒子やシリコン粒子の形成、銀又はシリコンの整列化方法や、本件銀結合ペプチドや本件シリコン結合ペプチドと結合した本発明のキメラタンパク質を用いる銀表面やシリコン表面の改質又は銀粒子やシリコン粒子の形成方法や、本件銀結合ペプチドや本件シリコン結合ペプチドを粒子表面上に提示した本発明のファージを用いる銀粒子やシリコン粒子の形成、銀又はシリコンの整列化方法によると、銀表面やシリコン表面の性状や銀・シリコンの物性を改善することができる。
- 10
- 15

特に、チタン表面や銀表面やシリコン表面の改質により、生物が自身の体の内外に鉱物（無機化合物）を作り出す生体鉱物形成能（biomineralization）を付与することができる。

- また、本件チタン結合ペプチドや本件銀結合ペプチドや本件シリコン結合ペプチドを原子間力顕微鏡（AFM）の探針（プローブ）として用いることにより、固体材料表面を水溶液中で分析することが可能となる。例えば、本件チタン結合ペプチド、あるいはチタン結合ペプチド融合人工タンパク質・キメラタンパク質を、原子間力顕微鏡の探針に、例えば金・チオール結合で固着化する。探針を、チタン・銀・シリコンの基盤に近付けることで、チタン結合ペプチドと基盤の間に相互作用が生じ、今度は探針を離すことで相互作用が切断される。その時に発生する張力
- 20
- 25

を測定することができる。また、探針を二次元にスキャンすることで、基盤表面とチタン結合ペプチドの結合力を指標とした、フォースマップを作製することができる。作製したフォースマップをもとに、パターンニングに適した、材料および結晶面の選択などの幅が広がる。

- 5 以下、実施例により本発明をより具体的に説明するが、本発明の技術的範囲はこれらの例示に限定されるものではない。

(実施例 1)

- 10 粒径 $150\text{ }\mu\text{M}$ のチタン粒子 10 mg (住友チタニウム、兵庫) を、
1. 5 ml エッペンドルフチューブに入れ、 $500\text{ }\mu\text{l}$ の 50 mM トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン (以下、トリス (キシダ化学、大阪)) 塩酸緩衝液 $\text{pH } 7.5$ 、 150 mM 塩化ナトリウム (和光純薬、大阪) 溶液 (以下 TBS) に、 0.1% ウシ血清アルブミン (以下、BSA) 0.1% Polyoxyethylenesorbitan monolaurate (以下、Tween-20 (シグマ社、St. Louis)) を添加した溶液で、二回洗浄した。
- 15 チタン粒子の洗浄は、卓上遠心機 H1300 (コクサン) $13,000\text{ rpm}$ 、5 秒の遠心操作により、チタン粒子を沈澱させ、上清を取り除くことで行った。洗浄後、ファージの非特異的吸着をブロッキングするために、さらに 1 ml 同溶液で 30 分間、室温で、回転攪拌機 *rotator* RT-50 (タイテック社) を用いて回転攪拌した。
- 20 卓上遠心機 H1300 (コクサン) $13,000\text{ rpm}$ 、5 秒の遠心操作により、チタン粒子を沈澱させ、上清を取り除いた後、ペプチド提示ファージライブラリー、12 残基の直線状ランダムペプチドを提示する D12 ライブラリー (New England Biolabs 社、Beverly)、 1.7×10^{11} プラーク形成単位 (以下、pfu) もしくは、7 残基の環状ラン
- 25 ダムペプチドを提示する C7C ライブラリー (New England Biolabs 社) $2.0 \times 10^{11}\text{ pfu}$ を含む 1 ml TBS、 0.1% BSA、 0.1

% Tween-20 溶液を加え、二時間、室温で回転攪拌機 r o t a t o r R T-50 を用いて回転攪拌した。

- 卓上遠心機 H 1 3 0 0 (コクサン) 13,000 rpm, 5 秒の遠心操作により、上清を取り除き、1 ml TBS, 0.1% Tween-20 溶液で 10 回洗浄した。洗浄は、8,000 × g, 5 秒の遠心操作により、チタン粒子を沈澱させることで行った。洗浄溶液を取り除いた後、1 ml の 0.2 M グリシン (和光純薬)・塩酸緩衝液 pH 2.2 を加え、10 分間、室温でタイテック社製 r o t a t o r R T-50 を用いて回転攪拌することでチタンに結合したファージを溶出した。遠心操作により、チタンを沈澱させ、上清を別の 1.5 ml エッペンドルフチューブに移し、さらに 150 μl の 1 M トリス・塩酸緩衝液 pH 9.1 を添加することで中和した後に、溶液中のファージの力価 (単位溶液あたりのプラーク形成能力) を常法 (Molecular Cloning Third Edition, Cold Spring Harbor Laboratory Press) に従い測定した。
- 上記の操作で得られたファージ溶出液を LB 培地 20 ml 中で対数増殖中の大腸菌 E R 2 7 3 8 株 [F' lacI^qΔ (lacZ) M15 proA⁺B⁺zzf::Tn10 (TetR) fhuA2 supE thiΔ (lac-proAB) Δ (hsdMS-mcrB) 5 (r_k⁻m_k⁻McrBC⁻)] に感染させ、振とう培養機 (BR 40-LE, タイテック社) を用い 37℃ で激しく攪拌しながら 6 時間インキュベートした。ファージ感染菌培養液を遠心チューブ (50 ml、ベックマン、カルフォルニア) に移して、ベックマン遠心機 (ベックマン、JA-12 ローター) を用い 4℃、10 分、10,000 rpm で遠心して E R 2 7 3 8 株を取り除く操作を 2 度行い、上清のファージ液を別のチューブに移した。ファージ液に 3.5 ml (1/6 量) の 20% Polyethylene glycol 6000 (以下 PEG 6000、Fluka 社、Buchs)、2.5 M 塩化ナトリウム溶液を加え、テストチューブミキサー、TM 2

5 2 (イワキ)により良く攪拌して4℃、12時間インキュベートして、ファージを沈殿させた。

沈殿したファージをベックマン遠心機で4℃、10分、10,000 rpmで遠心して回収した。ファージ沈殿を、更に4,000 rpm、
5 1分で遠心し少量残っている上清を完全に取り除いた。得られたファージ沈殿に、1mlのTBSを加え、氷上で冷却した後に、穏やかにファージを懸濁した。このファージ懸濁液を、1.5mlエッペンドルフチューブに移し、微量高速遠心機(AT2018Mローター、クボタ社)を用い5分、15,000 rpmで遠心して上清を別のチューブに移し、
10 懸濁されない残渣を取り除いた。ファージ液に再度、200 μ lの20%PEG6000、2.5M塩化ナトリウム溶液を加えてミキサーで良く攪拌し、氷上で1時間インキュベートしてファージを沈殿させた。次に、微量高速遠心機により10分、15,000 rpmで遠心してファージ沈殿を回収した。得られたファージ沈殿に200 μ lの0.02%
15 アジ化ナトリウム(和光純薬、大阪)、TBSを加えて完全に懸濁させた。懸濁できない残渣を微量高速遠心機により5分、15,000 rpmで遠心し取り除いた。得られた濃縮ファージ液の力価を求めた。

上記に示すような標的分子(この場合チタン)へのファージの結合、洗浄、回収、大腸菌による増幅といった一連の作業はパニング操作と呼ばれている。パニング操作を繰り返すことにより、標的分子へ特異的に
20 強く結合するファージクローンを濃縮していくことが可能である。この場合も、1回目のパニング操作後、一度大腸菌で増やしたファージを用いて、再度、チタンに対する結合、洗浄、回収、増殖の2回目以降のパニング操作を繰り返していった。2回目以降のパニング操作実験条件で、
25 1回目の操作と異なるのは以下の通りであった。すなわち、2回目以降のパニング操作で加えるファージの力価を、D12ライブラリー・C7

Cライブラリーとともに 2.0×10^{11} 、3回目は、D12ライブラリー・C7Cライブラリーとともに 2.0×10^{10} 、4回目は、D12ライブラリーでは、 4.3×10^9 、C7Cライブラリーでは、 2.0×10^{10} となるように調製した。濃縮ファージを懸濁する溶液とチタンの反応溶液、及び、その洗浄溶液中の Tween-20 濃度を2回目のパニング操作時で 0.1%、3回目のパニング操作時で、0.3%、4回目のパニング操作で 0.5% とした。

D12ライブラリーを用いたパニング実験のインプット力価（標的分子に加えたファージ力価）とアウトプット力価（洗浄後の標的分子から溶出されたファージ力価）の比の値の変化を図1に、またC7Cライブラリーでのパニング実験のインプット力価とアウトプット力価の比の値の変化を図2に示す。

D12ライブラリー、C7Cライブラリーで3ラウンド目に得られたファージを、それぞれ常法（Phage Display A Laboratory Manual, Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2001）に従いクローン化し、その提示ペプチド部分の塩基配列を決定した。塩基配列の決定には提示ペプチド領域から96塩基下流に位置する塩基配列の相補鎖に相当するプライマー [-96gIII シーケンシングプライマー (5' -^{H0}CCCTCATAGTTAGCGTAACG-3') (配列番号39)、NEB社、Beverly] を用いて、ダイデオキシターミネイト法により決定した（CEQ DTCS Quick start kit、ベックマン社、カルフォルニア）。反応産物の泳動とデータ解析には、オートキャピラリーシーケンサー（CEQ2000、ベックマン）を用いた。

決定した塩基配列から予想される提示ペプチド配列を、D12ライブラリーについては図3（配列番号3, 16~24）に、C7Cライブラリーについては図4（配列番号25~38）にそれぞれ示す。

この中で、D 1 2 ライブラリーから得られた e 3 - 2 - 3 ファージの提示するペプチド配列、R K L P D A P G M H T W（配列番号 3）は、調べた 4 3 個のクローンの中には同じ配列をもつものが 3 3 個あった。特定のファージクローンが集団中の大多数を占めるようになることの理由の 1 つに、そのファージクローンが標的分子に対して強い結合能力をもつことがあげられる。

図 3（配列番号 3，1 6 ~ 2 4）、図 4（配列番号 2 5 ~ 3 8）で示したペプチドを提示するファージをクローン化し、クローン化状態でのチタンに対する結合能力を以下に示すように評価した。

10 （実施例 2）

実施例 1 で得られたファージクローンを用い、チタンに対する結合能力を次のような実験から評価した。実施例 1 で示したパニング操作と同じ方法で行った。実施例 1 と異なるのは、チタンとファージクロンの攪拌時間が 1 時間であること、各溶液中の T w e e n 2 0 の濃度が 0 . 5 %、B S A の濃度が 1 %で行ったこと、加えたファージの力価を、D 1 2 由来のクローンは 10^9 p f u、C 7 C 由来のクローンは 10^{11} p f u で実施した。各ファージクロンのチタンに対する結合能を図 5 にまとめた。

（実施例 3）

20 実施例 2 で、特にチタンと強く結合したクローン（配列番号 3 のペプチドを提示）について、水晶発振子形生体分子相互作用解析装置である Q C M - D 3 0 0（q-sense AB社、イエテボリ）による測定でチタン表面とファージの結合様式を調べた。

25 水晶発振子には、Q C M - D 3 0 0 純正品のチタンセンサーを用いた。温度は 2 4 . 9 9 °C に設定し、実測値は、2 4 . 6 8 °C から 2 4 . 7 0 °C 付近であった。B S A でセンサーをブロッキングする条件とブロッキ

ングしない条件で測定した。BSAでブロッキングを行わないときは、TBSで基準値を測定した後、ファージの力価が 10^{10} pfu/mlとなるように調整したファージ溶液を引き続き測定した。BSAでブロッキングを行うときは、TBSで基準値を測定した後、TBS、0.1% BSAで約10分間インキュベートしてブロッキングを行い、再びTBSで遊離のBSAを洗浄した後、ファージの力価が 10^{11} pfu/mlとなるように調整したファージ溶液で引き続き測定した。その結果を、図6に示す。

図6に示す結果から、BSA非存在下で、センサーにファージクローンが結合したことは周波数の変化から明らかであるが、粘弾性はそれほど大きく上昇はしないことから、図7（下）に示すようにファージがチタン表面と水平に、固く結合していると考えられる。一方、BSAでセンサーをブロックした時、センサーに結合するファージ量は少ないことが周波数の変化量が小さいことから分かるが、一方、粘弾性は大幅に上昇する。これらの結果は、図7（上）に示すように、ファージがチタン表面に対して、提示したペプチド領域でおもに結合し、その他のファージ粒子部分はチタンとは結合することなく溶液中に存在する形で結合していることを示唆する。一方、コントロールのファージでは、BSA非存在下におけるチタン表面への非特異的吸着は同様に見られるが、BSAでブロッキングを行ったときには、粘弾性の上昇は見られない。

（実施例4）

実施例2で、特にチタンと強く結合したクローン（配列番号3）について、側鎖にメチル基をひとつしか持たないアラニンに置換した点変異体を作製し、各変異体ファージのチタンに対する結合能の変化を調べた。点変異体は、提示配列の6番目にアラニンがあるため、6番目残基を除いた残りの全ての残基について作製した。点変異体の作製は、Kunk

e 1 法 (Molecular Cloning Third Edition, Cold Spring Harbor Laboratory Press) により行った。点変異体作製に用いた合成 DNA を図 8 (配列番号 40 ~ 50) に示す。点変異の導入の確認は、ファージ DNA の塩基配列を決定することにより確認した。DNA シーケンスは、実施例 1 と同様に行った。得られた点変異体のチタンへの結合能の測定は、加えたファージ量を 10^{10} p f u に合わせて、実施例 2 に示す方法で行った。各点変異体のチタンに対する結合能を図 9 にまとめた。

図 9 に示す結果から、1 番目のアルギニン、5 番目のアスパラギン酸の側鎖の電荷が、チタンとの結合に重要な役割を果たしていると考えられる。また、4 番目のプロリンの変異体の結果から、4 番目のプロリンに於けるペプチドの主鎖の折れ曲がり、非常に重要であることが示唆される。

(実施例 5)

実施例 4 の結果から、チタンとの結合に主に重要なのは配列番号 3 のアミノ端部分に集中している。そこで、カルボキシル端側の 7 番目から 12 番目までを欠失した変異体を作製し、チタンへの結合能の変化を調べた。また、実施例 4 で結合能が上昇した、2 番目のリジンをアラニンに置換した変異体についても同様の欠失変異体を作製し、チタンへの結合能の変化を調べた。

欠失変異体は、図 10 に模式的に示した方法で作製した。各ファージクローンの二本鎖 DNA (以下 RF) を、Q I A G E N k i t を用いて調製した。得られた RF を鋳型にして PCR を行った。この時に用いたプライマー (図 8、配列番号 51 ~ 53) には、5' 側に制限酵素 B a m H I 切断サイトと B a m H I で切断が可能になるように、さらに 5' 側に 3 残基のポリ G 配列を付加した。試薬は、Expand™ Long Template PCR System (ベーリンガー) を用いて行い、反応は、ポリメラーゼ 1μ l、

添付の10x緩衝液210 μ l、2.5mM dNTPs 8 μ l、プライマー各100pmole/ μ lを1 μ lずつ、RF 0.5 μ lを含む100 μ l溶液で行った。PCRの反応は、94 $^{\circ}$ C、30秒、60 $^{\circ}$ C、30秒、72 $^{\circ}$ C、6分を30サイクル行っった。また、サイクルの前に94 $^{\circ}$ C、5分間プレヒートを行い、サイクル後に72 $^{\circ}$ C、7分間インキュベートした。PCR反応後、生成物を1%アガロースゲル電気泳動により分離し、目的の大きさである7kb付近のバンドをUV下で切り出し、Geneclean II kit (フナコシ)を用いて、添付のプロトコルに従い精製した。精製したDNAを、制限酵素BamHI (ペーリンガー)で2時間、30 $^{\circ}$ Cでインキュベート後、エタノール沈澱によりBamHIを失活させ、DNAを乾燥した。乾燥したDNAを、4 μ lの滅菌水、5 μ lの2xライゲーションバッファー(プロメガ)に溶解した後、1 μ l T4 DNAライゲース(ロシュ)を加え、室温30分間ライゲーション反応を行い自己閉環させた。反応溶液に対して、100 μ lの実施例1に記載の大腸菌ER2738株のコンピテントセルを加え、氷上で30分間静置した後、42 $^{\circ}$ C、40秒ヒートショックを加えたあと、すぐに3分間氷上に置いた。その後、800 μ lのSOC培地を添加し、37 $^{\circ}$ Cで3時間激しく震盪培養した後、1, 10, 100 μ lを、対数増殖期のER2738株200 μ lと混合し、5分間静置した。その後、常法(Molecular Cloning Third Edition, Cold Spring Harbor Laboratory Press)に従いクローン化した。欠失の導入の確認は、ファージDNAの配列をシーケンスすることにより確認した。DNAシーケンスは、実施例1と同様に行った。得られた欠失変異体のチタンへの結合能の測定は、加えたファージ量を 10^{10} pfuに合わせて、実施例2に示す方法で行った。両欠失変異体のチタンに対する結合能を図11にまとめた。図11から、チタンに結合する配列番号1で示されるペ

プチドを提示するファージクローンは、前半部の 1 - 6 番目だけでも、同じ強さで結合することが分かった。

(実施例 6)

実施例 4 の結果、配列番号 1 の最初のアルギニンの側鎖の正電荷がチタンへの結合に重要な役割を果たしていることが分かった。しかし、このアルギニンは、アミノ末端に位置するので、主鎖の端に正に帯電したアミノ基を持つ。この正電荷が、側鎖の正電荷と強調できに働いている可能性を検討するために、アラニンを、アルギニンの前に挿入した挿入変異体を作製し、チタン結合能への影響を調べた。

- 10 挿入変異体の作製は、アニーリング条件を除いて実施例 4 と同じ方法で行った。アニーリングは、85℃、10 分間、48℃、15 分間の後、ヒートブロック (ALB121, IWAKI) のスイッチを切り、室温に下がるまでそのまま放置して行った。用いたプライマーの配列 (配列番号 54) を図 8 に示す。挿入変異の導入の確認は、ファージ DNA の
- 15 配列をシーケンスすることにより確認した。DNA シーケンスは、実施例 1 と同様に行った。得られた挿入変異体のチタンへの結合能の測定は、加えたファージ量を 10^{10} p f u に合わせて、実施例 2 に示す方法で行った。挿入変異体のチタンに対する結合能を図 11 に示す。

- 実施例 6 の結果は、配列番号 15 がチタンに結合するのに、必ずしも
- 20 アルギニンが先頭にある必要がないことを示している。このことは、チタンに結合するキメラタンパク質、人工タンパク質や合成ペプチドなどを作製する際、配列番号 1 や 3 の配置に制限を受けないことを意味する重要な知見である。

(実施例 7)

- 25 実施例 3 ~ 6 の結果から、配列番号 3 で示されるペプチドを提示するファージクローンは、チタン原子に結合した水酸基が荷電したものと結

合していると考えられる。そこで、チタン表面に結合する水酸基を増やすために、過酸化水素処理を行ったチタン粒子に対する、配列番号 3 で示されるペプチドをを提示するファージクロンの結合能を調べた。

チタン粒子（粒子系 150 nm 以下、住友チタニウム）10 mg をエ
5 ッペンドルフチューブにとり、3%の過酸化水素（和光純薬）を1 ml
加えた後、それぞれ、120℃、80℃、室温（rt）で1時間インキ
ュベートした後、TBSで二回洗浄した後に、配列番号 3 で示されるペ
プチドを提示するファージクロンの結合能の測定を、加えるファージ
量を 10^{10} p f u に合わせて、実施例 2 に示す方法で行った。過酸化水
10 素処理による、ファージ結合能への影響の結果を図 12 に示す。

実施例 7 の結果から分かることは、過酸化水素処理により、配列番号
3 で示されるペプチドを提示するファージクロンの結合量が増やすこ
とができることで、このことから、チタン表面の状態を変えることで、
ファージの結合量をコントロールできる可能性が示唆される。

15 （実施例 8）

配列番号 3 で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファ
ージクロンの金属材料への結合の特異性を検討するために、金（純度
> 99.9% 粒系 < 150 μ m）・銀（純度 > 99.9% 粒系 < 75 μ
m）・銅（純度 > 99% 粒系 75 - 150 μ m）・白金（純度 > 99.9
20 % 粒系 < 75 μ m）・鉄（純度 > 99.9% 粒系 150 μ m）・錫（純
度 > 99.9% 粒系 < 150 μ m）・亜鉛（純度 > 99.9% 粒系 15
0 μ m）・クロム（純度 > 98% 粒系 10 μ m）・コバルト（純度 > 99
% 粒系 < 75 μ m）・シリコン（純度 > 99% 粒系 < 150 μ m）（高
純度化学研究所・埼玉）各 10 mg に対して、配列番号 3 で示されるア
25 ミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクロン 10^{10} p f
u / ml を用いて、実施例 2 と同じ方法で各金属への結合能を調べた。

その結果を図 1 3 にまとめた。図 1 3 に示される結果から、配列番号 2 で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクローンはチタンのみならず銀やシリコンにも結合することがわかった。

(実施例 9)

- 5 配列番号 3 で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを提示するファージクローンの銀やシリコンへの結合様式、配列特異性がチタンに結合する場合と同様であるかどうか確かめるために、実施例 4 で使用した配列番号 4, 5, 7, 8 のアラニン置換変異ファージの銀・シリコンへの結合能を実施例 2 に示す方法でおこなった。その結果を図 1 4 にまとめた。図 1 4 に示される結果から、各アラニン置換による銀・シリコン結合能への影響は、チタンのときと同じ傾向を示した。このことから、配列番号 3 を提示するファージクローンは、チタンに結合するときと同じ分子機構・配列特異的に銀・シリコンに結合することが示唆された。

(実施例 10)

- 15 配列番号 3 で示されるアミノ酸配列からなる合成ペプチドが、チタン表面に結合することを確認するために、配列番号 3 で示されるアミノ酸配列からなる合成ペプチドのチタン粒子に対する結合能を調べた。実施例 1 で用いたチタン粒子 10 mg をエッペンドルフチューブにとり、50 mM HEPES-NaOH、150 mM NaCl で二回洗浄した後、20 に、100 μ l の配列番号 3 の合成ペプチド 5 ~ 40 μ M を添加し、2 時間、室温で回転攪拌機 r o t a t o r R T - 5 0 (タイテック社) を用いて回転攪拌した。卓上遠心機 H 1 3 0 0 (コクサン 東京) 13,000 rpm、5 秒の遠心操作により、上清を回収し、フルオロアルデヒド (ピアス社 ロックフォード イリノイ) と混合し、分光蛍光光度計 (日本分光 東京) を用いて、励起波長 342 nm、蛍光波長 437 nm から、上清中のペプチド濃度からチタンへの結合量を求めた。チタ

ンの比表面積は密度と平均粒子系から求めた。また、同じ方法で実施例
 13で用いたシリコン・錫についても配列番号2で示されるアミノ酸配
 列からなる合成ペプチドの結合能を調べた。得られた結果に対してL a
 n g m u i r 吸着等温式を用いてフィッティングをおこない、最大吸着
 5 量・解離定数を求めた結果を表1にまとめた。

(表1)

	<i>Kd</i> (μM)	<i>qm</i> (mole / m ²)
Ti	11.1 ± 2.8	2.5 ± 0.3 × 10 ⁻⁶
Si	13.2 ± 4.0	2.1 ± 0.3 × 10 ⁻⁷
Sn	ND	ND

(実施例11)

無機材料結合ペプチドは、多くの場合その標的材料のバイオミネラリ
 15 ザーション能を有する。そこで、配列番号3で示されるアミノ酸配列か
 らなる合成ペプチドの銀のバイオミネラリゼーション能を以下の方法に
 より調べた。TBSに溶解した配列番号3で示されるアミノ酸配列から
 なる合成ペプチド0.1～0.4mMに、硝酸銀水溶液を終濃度0.1
 mMになるように添加し、25℃で48時間インキュベートした後、遠
 20 心操作により生成した銀を回収した。回収した銀を、蒸留水でよく洗浄
 した後、透過型電子顕微鏡で観察をおこなったその結果を、図15にま
 とめた。図15に示される結果から、約500nmの大きさの結晶性の
 粒子が配列番号3で示されるアミノ酸配列からなる合成ペプチドにより
 生成されることが分かった。

25 (実施例12)

配列番号3で示されるアミノ酸配列からなる合成ペプチドのシリコン

のバイオミネラリゼーション能を以下の方法により調べた。TBSあるいはPBSに溶解した配列番号3で示されるアミノ酸配列からなる合成ペプチド2-12mg/mlに、1mM HClで終濃度0.1Mになるように希釈した1/10容量のテトラメトキシシラン(信越化学 東京)を添加し、5分間室温で静置したあと、遠心操作により生成したシリカを回収した。回収したシリカを、蒸留水でよく洗浄し、20μlの0.5N NaOH、98℃ 30分間インキュベートにより溶解、蒸留水で100~500倍に希釈した溶液250μlに、10μlの10倍希釈・有害金属測定用硫酸、10μlの10%モリブデンサンアンモニウム水溶液を添加し、25℃で10分間インキュベートした後、385nmの吸光度から生成シリカ量の定量をおこなった。その結果を図16に、また生成したシリカの形態を透過型電子顕微鏡・走査型電子顕微鏡で観察した結果を図17にそれぞれまとめた。これらの結果から、配列番号3で示されるアミノ酸配列からなる合成ペプチドは、シリカ粒子のバイオミネラリゼーション能を持つことが分かった。

(実施例13)

配列番号1で示されるアミノ酸配列からなるペプチドの配列を持つ融合タンパク質が、チタン結合能を獲得することを示すために、配列番号1をフェリチンタンパク質に融合した融合タンパク質(以下TBF)を作製した。TBFを発現するためのプラスミド構築は、図18に模式的に示した方法によりおこなった。すなわち、配列番号1で示されるアミノ酸配列からなるペプチド融合組換えフェリチン発現ベクターは、ウマリコンビナントフェリチン発現ベクターであるpMK2/ferritinを制限酵素BamHIとSacIで切断し、アニーリングした配列番号55及び56に示される合成DNAを挿入し、次にBamHIで切断した。そこに、pMK2/ferritinをBamHIで切断した

ときに生じる短いDNA断片を挿入し作製した。

構築したTBF発現プラスミドを大腸菌XL I-blue株に常法 (Molecular Cloning Third Edition, Cold Spring Harbor Laboratory Press) に従い形質転換した。形質転換した菌株を、5 ml 100 μ g/ml
5 カルベニシリン含有LB培地で16-20時間、37℃で前培養の後、
500 ml 100 μ g/mlカルベニシリン含有LB培地に植え継ぎ、
さらに16-18時間、37℃で培養をおこなった。遠心操作により大
腸菌を集菌したあと、50 mM Tris HCl pH 8.0緩衝液で菌
体を洗浄したあと、1 literの培養菌体あたり20 mlの50 mM
10 Tris HCl pH 8.0緩衝液で菌体をよく分散させた後、超音波破
碎装置Sonifer 250 (Branson社製 ダンバリー、コネティカッ
ト)、微量チップ、出力7、duty cycle 50%で2分間破碎し
た後、氷冷、2分間破碎、氷冷を繰り返し菌体を良く破碎した。破碎後、
遠心操作により可溶性画分を回収し、70℃、15分間温浴し、室温に
15 放置して徐々に冷ました後、遠心操作により上清を回収した。回収した
溶液を、陰イオン交換担体であるQ-Sepharose HP (Amersham
ピスカタウェイ、ニュージャージー) を用いたカラムクロマトグラフィー
による精製をおこなった。0-400 mMの塩化ナトリウムのグラジ
エントによりTBFを溶出した。溶出したTBFを限外ろ過により濃縮
20 した後、Sephacryl S-400 (Amersham ピスカタウェイ、
ニュージャージー)を担体に用いたゲルろ過クロマトグラフィーにより、
TBFの24量体の溶出ピークを回収した。

このTBFのチタンへの結合能を、実施例3で用いたQCMによりお
こなった。対照として配列番号1以外のチタンへの結合の寄与を、配列
25 番号1で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを含まない組換えフェ
リチンタンパク質 (fero) のチタンへの結合も調べた。その結果を

図 1 9 に示す。図 1 9 に示される結果から、T B F は f e r 0 よりも強くチタンに結合することが分かり、配列番号 1 で示されるアミノ酸配列からなるペプチドを含む融合タンパク質のチタンへの親和性が大幅に上昇することが示された。

5

産業上の利用可能性

本発明によると、例えば、オッセオインテグレーション期間を短縮するチタンインプラント材料、歯を擬態することで細菌感染に抵抗性の高いチタンインプラント材料などの医療分野、可視光域でも利用可能な光触媒能をもつ酸化チタン材料など、ナノバイオテクノロジー、材料工学、

10

半導体、医薬品、化粧品などに有利に用いることができるチタン複合体を提供することができる。

請 求 の 範 囲

1. チタンに、異なったペプチド配列をファージ粒子上に提示したファージ集団を接触させ、ファージ粒子がペプチド配列を介して結合したチタンを遠心操作により回収し、得られたチタンに結合したファージ粒子を菌体中で増殖させ、次いで、増殖させたペプチド配列をファージ粒子上に提示したファージ集団をチタンに接触させるパニング操作を繰り返すことにより、チタンに結合するファージクローンを濃縮することを特徴とするチタンに結合能を有するペプチドのスクリーニング方法。
- 5 2. 請求項 1 記載のスクリーニング方法により得られることを特徴とするチタンに結合能を有するペプチド。
3. 配列番号 1 に示されるアミノ酸配列からなるチタンに結合能を有するペプチド。
4. 配列番号 1 に示されるアミノ酸配列において、1 若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチタンに結合能を有するペプチド。
- 15 5. 配列番号 1 に示されるアミノ酸配列の 1, 4, 5 番目のアミノ酸残基が保存されていることを特徴とする請求項 4 記載のチタンに結合能を有するペプチド。
- 20 6. 2 番目のリジンがアラニンに置換された配列番号 2 に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする請求項 5 記載のチタンに結合能を有するペプチド。
7. 配列番号 3 に示されるアミノ酸配列からなるチタンに結合能を有するペプチド。
- 25 8. 配列番号 3 に示されるアミノ酸配列において、1 若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチ

タンに結合能を有するペプチド。

9. 配列番号 3 に示されるアミノ酸配列の 1, 4, 5 番目のアミノ酸残基が保存されていることを特徴とする請求項 8 記載のチタンに結合能を有するペプチド。

5 10. 1～5 番目及び 7～12 番目のアミノ酸残基がそれぞれアラニンに置換された配列番号 4～14 に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする請求項 8 記載のチタンに結合能を有するペプチド。

11. 配列番号 3 に示されるアミノ酸配列の N 末端にアラニンが付加・挿入された配列番号 15 に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする請求項 8 又は 9 記載のチタンに結合能を有するペプチド。

10 12. 配列番号 16～24 に示されるアミノ酸配列からなるチタンに結合能を有するペプチド。

13. 配列番号 16～24 に示されるアミノ酸配列において、1 若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチタンに結合能を有するペプチド。

14. 配列番号 25～38 に示されるアミノ酸配列からなるチタンに結合能を有するペプチド。

15 15. 配列番号 25～38 に示されるアミノ酸配列において、1 若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつチタンに結合能を有するペプチド。

16. 化学修飾されていることを特徴とする請求項 2～15 のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチド。

17. チタンが、金属チタン、チタン合金又は二酸化チタンであることを特徴とする請求項 2～16 のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチド。

25 18. 請求項 2～16 のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチ

ドがチタンと結合したチタン-ペプチド複合体。

19. 請求項2～16のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチドと、機能性ペプチド又は機能性タンパク質との複合体であって、かつチタンに結合能を有する人工タンパク質。

5 20. 機能性ペプチド又は機能性タンパク質が、チタンに結合能を有するペプチドと協働して、二次元結晶を自己集合で形成しうるペプチド又はタンパク質であることを特徴とする請求項19記載の人工タンパク質。

21. 機能性ペプチド又は機能性タンパク質が、細胞接着活性等の細胞認識活性をもつペプチド配列を有するペプチド又はタンパク質であることを特徴とする請求項19記載の人工タンパク質。

22. 請求項19～21のいずれか記載の人工タンパク質がチタンと結合したチタン-人工タンパク質複合体。

23. 請求項2～17のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチドと、標識化物質若しくはペプチドタグとの複合体、又は非ペプチド系化合物との複合体であって、かつチタンに結合能を有するキメラタンパク質。

24. 請求項23記載のキメラタンパク質がチタンと結合したチタン-キメラタンパク質複合体。

25 25. 請求項2～17のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチドをその粒子表面上に提示し、かつチタンに結合能を有するファージ。

26. 請求項25記載のファージがチタンと結合したチタン-ファージ複合体。

27. 請求項2～17のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチドを用いることを特徴とするチタン表面の改質又はチタン粒子の形成方法。

28. 請求項19～21のいずれか記載のチタンに結合能を有する人工

タンパク質を用いることを特徴とするチタン表面の改質、チタン粒子の形成又はチタンの整列化方法。

29. 請求項23記載のチタンに結合能を有するキメラタンパク質を用いることを特徴とするチタン表面の改質又はチタン粒子の形成方法。

5 30. 請求項25記載のチタンに結合能を有するファージを用いることを特徴とするチタンの整列化又はチタン粒子の形成方法。

31. 請求項22記載のチタン-人工タンパク質複合体を有効成分とするインプラント材料。

10 32. 配列番号1に示されるアミノ酸配列からなる銀に結合能を有するペプチド。

33. 配列番号1に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつ銀に結合能を有するペプチド。

15 34. 配列番号1に示されるアミノ酸配列の1, 4, 5番目のアミノ酸残基が保存されていることを特徴とする請求項33記載の銀に結合能を有するペプチド。

35. 2番目のリジンがアラニンに置換された配列番号2に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする請求項34記載の銀に結合能を有するペプチド。

20 36. 配列番号3に示されるアミノ酸配列からなる銀に結合能を有するペプチド。

37. 配列番号3に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつ銀に結合能を有するペプチド。

25 38. 化学修飾されていることを特徴とする請求項32～37のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチド。

39. 請求項32～38のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドが銀と結合した銀－ペプチド複合体。

40. 請求項32～38のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドと、機能性ペプチド又は機能性タンパク質との結合体であって、かつ銀に結合能を有する人工タンパク質。

41. 請求項40記載の人工タンパク質が銀と結合した銀－人工タンパク質複合体。

42. 請求項32～38のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドと、標識化物質若しくはペプチドタグとの結合体、又は非ペプチド系化合物との結合体であって、かつ銀に結合能を有するキメラタンパク質。

43. 請求項42記載のキメラタンパク質が銀と結合した銀－キメラタンパク質複合体。

44. 請求項32～38のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドをその粒子表面上に提示し、かつ銀に結合能を有するファージ。

45. 請求項44記載のファージが銀と結合した銀－ファージ複合体。

46. 請求項32～38のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチドを用いることを特徴とする銀表面の改質又は銀粒子の形成方法。

47. 請求項40記載の銀に結合能を有する人工タンパク質を用いることを特徴とする銀表面の改質、銀粒子の形成又は銀の整列化方法。

48. 請求項42記載の銀に結合能を有するキメラタンパク質を用いることを特徴とする銀表面の改質又は銀粒子の形成方法。

49. 請求項44記載の銀に結合能を有するファージを用いることを特徴とする銀粒子の形成又は銀の整列化方法。

50. 配列番号1に示されるアミノ酸配列からなるシリコンに結合能を有するペプチド。

51. 配列番号1に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個の

アミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつシリコンに結合能を有するペプチド。

5 52. 配列番号1に示されるアミノ酸配列の1, 4, 5番目のアミノ酸残基が保存されていることを特徴とする請求項49記載のシリコンに結合能を有するペプチド。

53. 2番目のリジンがアラニンに置換された配列番号2に示されるアミノ酸配列からなることを特徴とする請求項50記載のシリコンに結合能を有するペプチド。

10 54. 配列番号3に示されるアミノ酸配列からなるシリコンに結合能を有するペプチド。

55. 配列番号3に示されるアミノ酸配列において、1若しくは数個のアミノ酸が欠失、置換若しくは付加されたアミノ酸配列からなり、かつシリコンに結合能を有するペプチド。

15 56. 化学修飾されていることを特徴とする請求項50～55のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチド。

57. 請求項50～56のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドがシリコンと結合したシリコン-ペプチド複合体。

20 58. 請求項50～56のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドと、機能性ペプチド又は機能性タンパク質との結合体であって、かつシリコンに結合能を有する人工タンパク質。

59. 請求項58記載の人工タンパク質がシリコンと結合したシリコン-人工タンパク質複合体。

25 60. 請求項50～56のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドと、標識化物質若しくはペプチドタグとの結合体、又は非ペプチド系化合物との結合体であって、かつシリコンに結合能を有するキメラタンパク質。

61. 請求項60記載のキメラタンパク質がシリコンと結合したシリコン-キメラタンパク質複合体。

5 62. 請求項50～56のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドをその粒子表面上に提示し、かつシリコンに結合能を有するファージ。

63. 請求項62記載のファージがシリコンと結合したシリコン-ファージ複合体。

10 64. 請求項50～56のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドを用いることを特徴とするシリコン表面の改質又はシリコン粒子の形成方法。

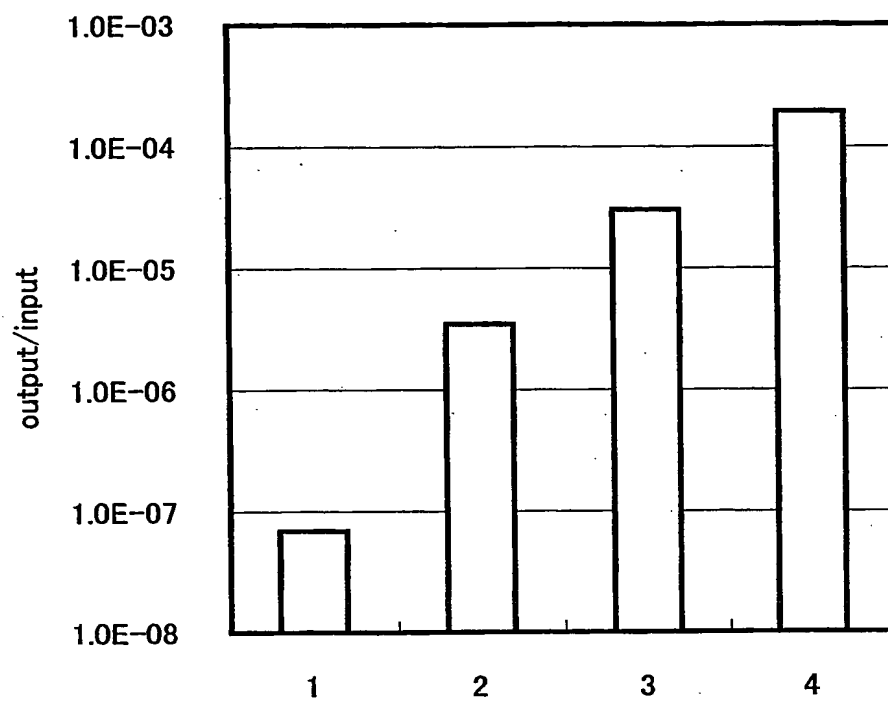
65. 請求項58記載のシリコンに結合能を有する人工タンパク質を用いることを特徴とするシリコン表面の改質、シリコン粒子の形成又はシリコンの整列化方法。

15 66. 請求項60記載のシリコンに結合能を有するキメラタンパク質を用いることを特徴とするシリコン表面の改質改質又はシリコン粒子の形成方法。

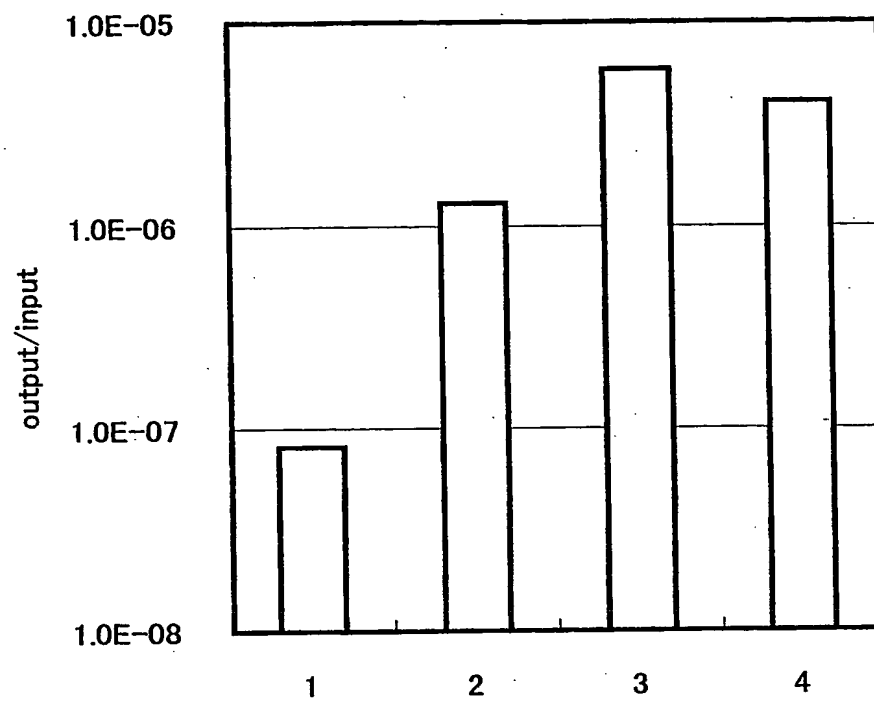
67. 請求項62記載のシリコンに結合能を有するファージを用いることを特徴とするシリコン粒子の形成又はシリコンの整列化方法。

20 68. 請求項2～17のいずれか記載のチタンに結合能を有するペプチド、請求項32～38のいずれか記載の銀に結合能を有するペプチド、又は、請求項50～56のいずれか記載のシリコンに結合能を有するペプチドを原子間力顕微鏡（AFM）の探針（プローブ）として使用方法。

第 1 図



第 2 図



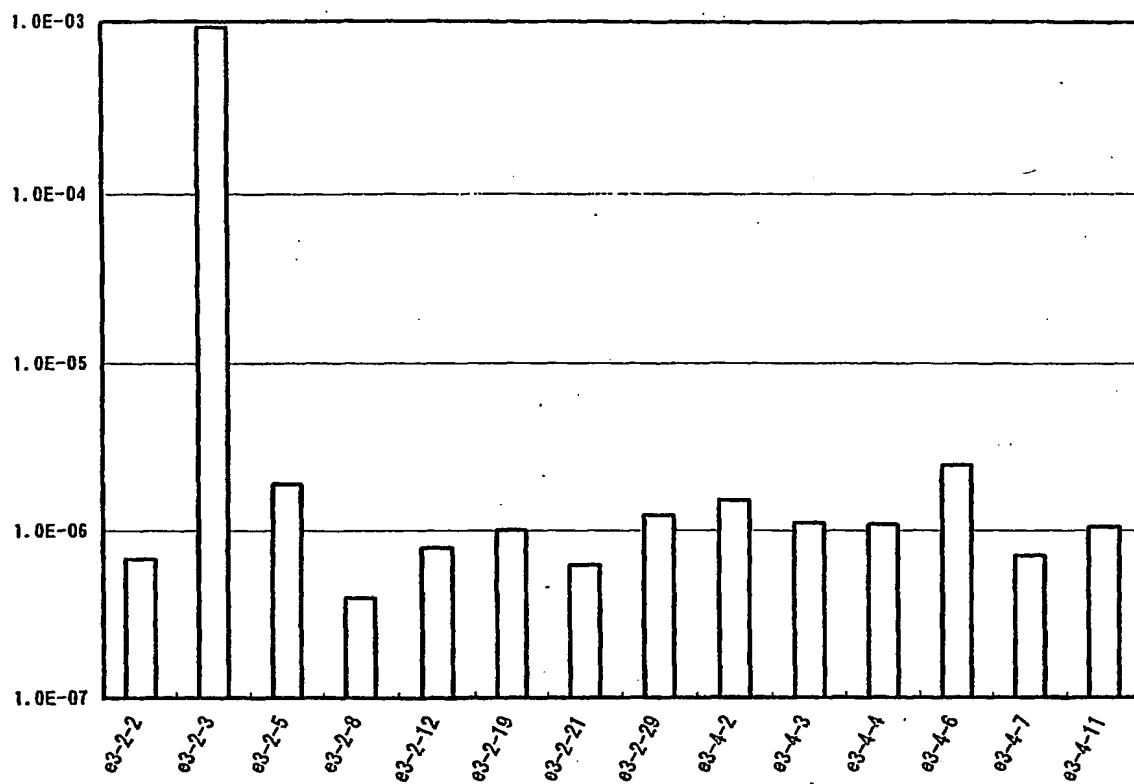
第 3 図

e3-2-2 LDTTNVSGPMSS
e3-2-3 RKLPDAPGMHTW
e3-2-4 RKLPDAPGMHTW
e3-2-5 SYRLPVYLHALL
e3-2-6 RKLPDAPGMHTW
e3-2-7 RKLPDAPGMHTW
e3-2-8 SDPNQDWRRTTP
e3-2-9 RKLPDAPGMHTW
e3-2-10 RKLPDAPGMHTW
e3-2-12 LPSQLLSQVNL
e3-2-13 RKLPDAPGMHTW
e3-2-14 RKLPDAPGMHTW
e3-2-15 RKLPDAPGMHTW
e3-2-16 RKLPDAPGMHTW
e3-2-17 RKLPDAPGMHTW
e3-2-18 RKLPDAPGMHTW
e3-2-19 LCANNTTSVHPP
e3-2-20 RKLPDAPGMHTW
e3-2-21 MQMEGKPTLTLR
e3-2-22 RKLPDAPGMHTW
e3-2-23 RKLPDAPGMHTW
e3-2-25 RKLPDAPGMHTW
e3-2-29 STLKNPINLLAN
e3-2-30 RKLPDAPGMHTW
e3-2-31 RKLPDAPGMHTW
e3-2-33 RKLPDAPGMHTW
e3-2-34 RKLPDAPGMHTW
e3-2-36 RKLPDAPGMHTW
e3-2-39 RKLPDAPGMHTW
e3-2-40 RKLPDAPGMHTW
e3-2-41 RKLPDAPGMHTW
e3-2-42 RKLPDAPGMHTW
e3-2-43 SCHVWYDSCSSP
e3-2-45 RKLPDAPGMHTW
e3-2-46 RKLPDAPGMHTW
e3-2-47 RKLPDAPGMHTW
e3-2-48 RKLPDAPGMHTW
e3-2-49 RKLPDAPGMHTW
e3-2-50 STLKNPINLLAN
e3-2-51 RKLPDAPGMHTW
e3-2-52 RKLPDAPGMHTW
e3-2-55 QDMIRTSALMLQ
e3-2-56 RKLPDAPGMHTW

第 4 図

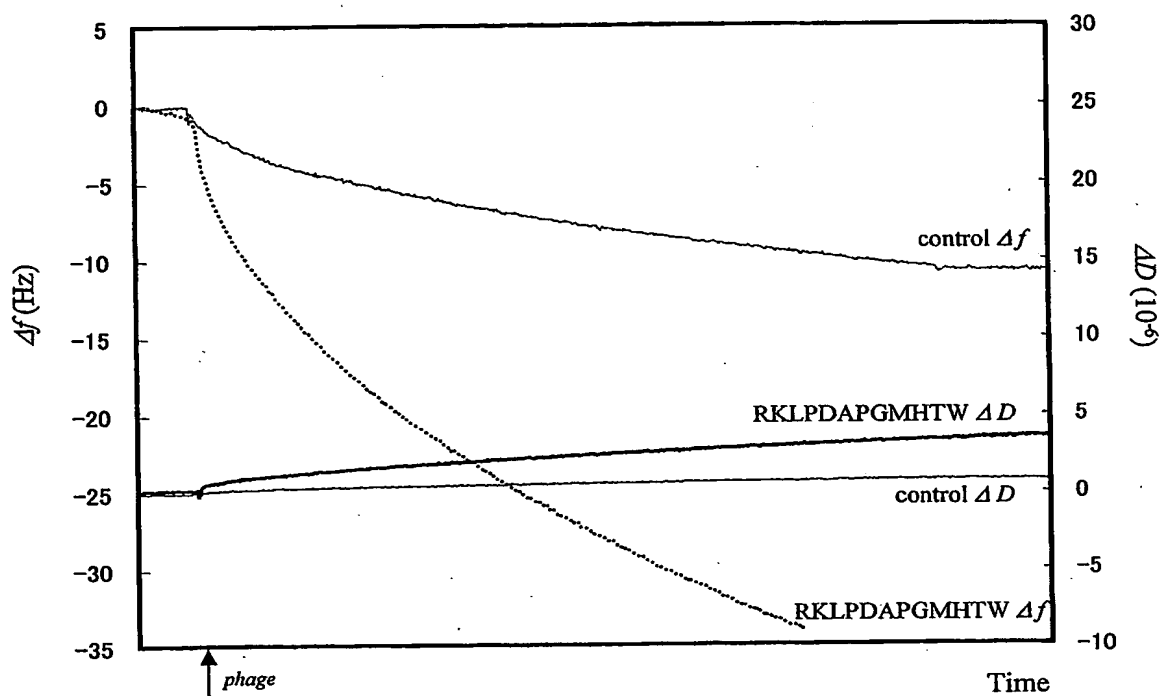
e3-4-2 CTSPTSVD
e3-4-3 CTPSPHQGC
e3-4-4 CHTAPLPRC
e3-4-5 CTPSPHQGC
e3-4-6 CHGATPQNC
e3-4-7 CSGHNPTH
e3-4-8 CTSPTSVD
e3-4-9 CTPSPHQGC
e3-4-11 CPMWQAQQC
e3-4-12 CGYYSMSHC
e3-4-13 CDMLTPRSC
e3-4-15 CTSPTSVD
e3-4-16 CLRLQSQDC
e3-4-17 CQITWHHTC
e3-4-19 CTPSPHQGC
e3-4-21 CSAHHHDKC
e3-4-22 CTPSPHQGC
e3-4-23 CMTKNPLNC
e3-4-24 CTPSPHQGC
e3-4-25 CTPSPHQGC
e3-4-26 CTPSPHQGC
e3-4-27 CTSPTSVD
e3-4-28 CMTKNPLNC
e3-4-29 CKTSLPTTC
e3-4-30 CVSTYWKTC
e3-4-31 CTSPTSVD
e3-4-32 CTSPTSVD

第 5 図

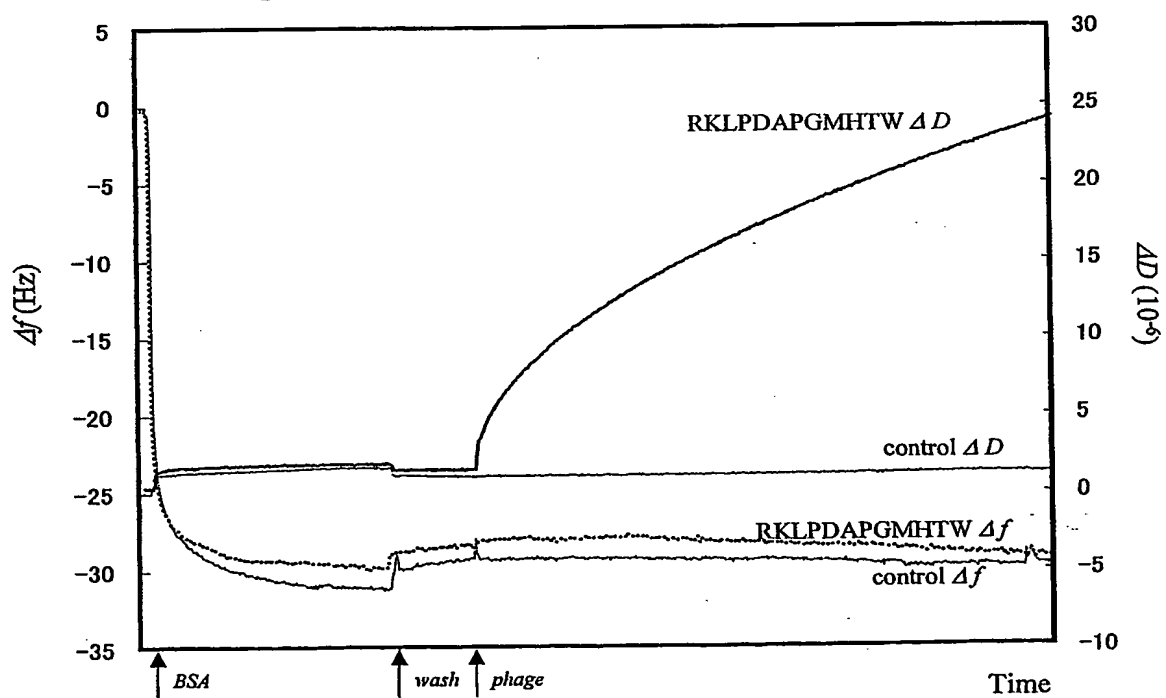


第 6 図

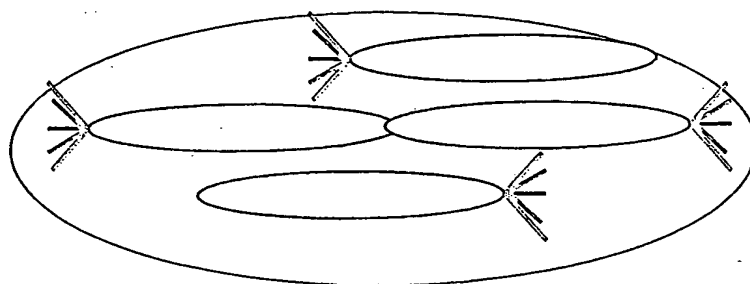
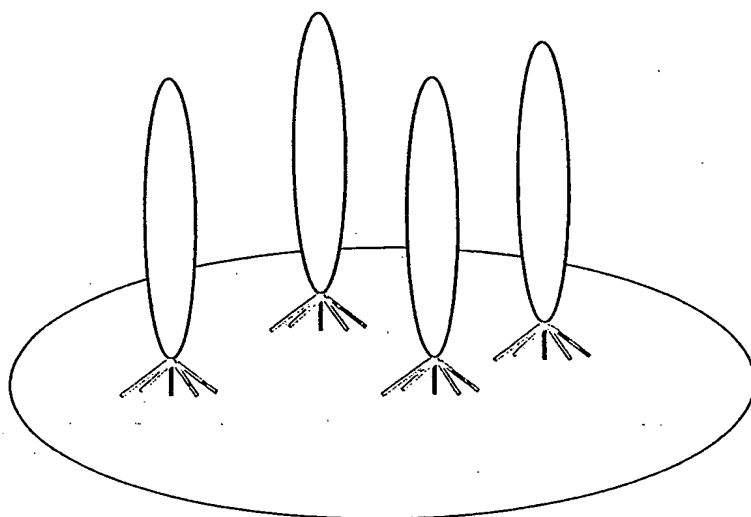
A: Non-blocking



B: BSA blocking



第 7 図



第 8 図

R1A: AGGCAGCTTCGCAGAGTGAGAATAG

K2A: CATCAGGCAGCGCCCGAGAGTGAG

L3A: GGAGCATCAGGCGCCTTCCGAGAG

P4A: CCGGGAGCATCAGCCAGCTTCCGAG

D5A: ATCCCGGGAGCAGCAGGCAGCTTC

P7A: GTATGCATCCCGGCAGCATCAGGCA

G8A: AGTATGCATCGCGGGAGCATCAGG

M9A: CCCCAAGTATGCGCCCCGGGAGCATC

H10A: TCCACCCCAAGTAGCCATCCCGGGA

T11A: TCCACCCCAAGCATGCATCCCGG

W12A: AACCTCCACCCGCAGTATGCATC

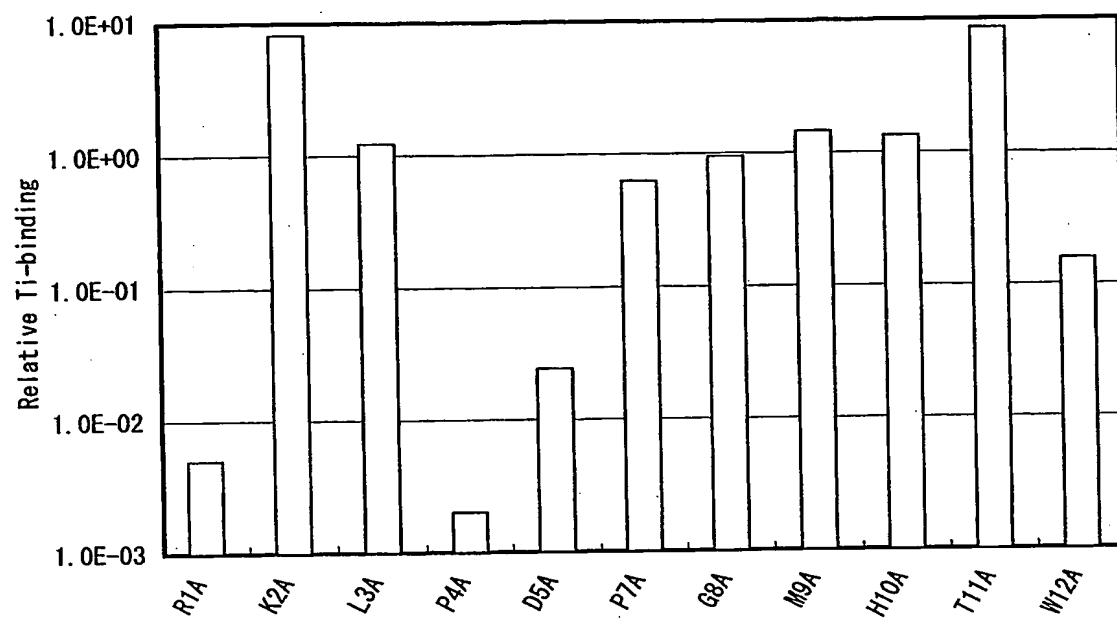
Δ7-12F; GGAGGATCCGCCGAAACTGTTGAAAGTTG

Δ7-12R; GGGGGATCCTCCACCAGCATCAGGCAGCTTCCGAG

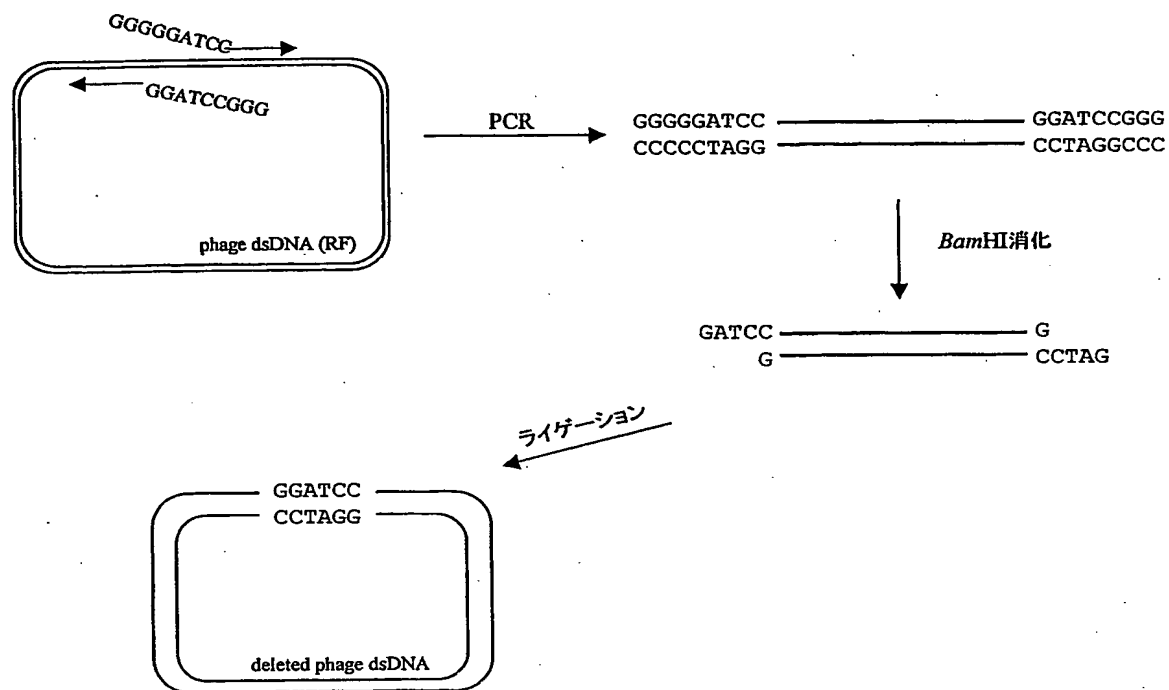
K2AΔ7-12R; GGGGGATCCTCCACCAGCATCAGGCAGCGCCCGAG

Ala insert; AGCATCAGGCAGCTTCCGTGCAGAGTGAGAATAGAAAGG

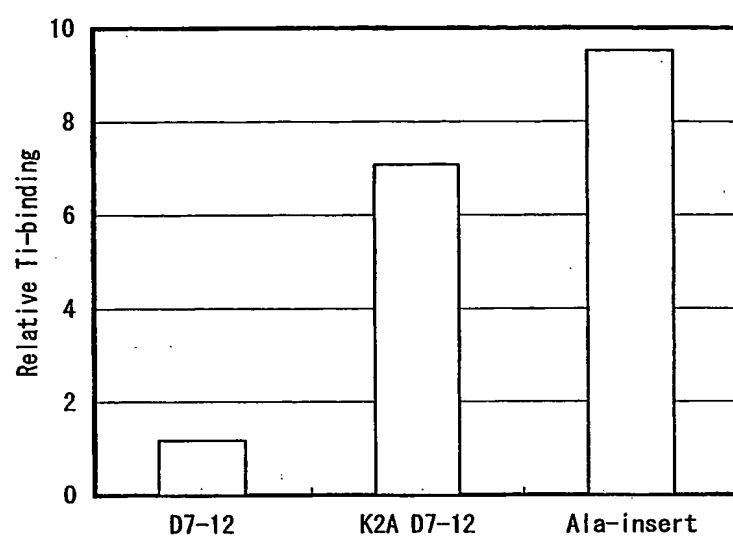
第 9 図



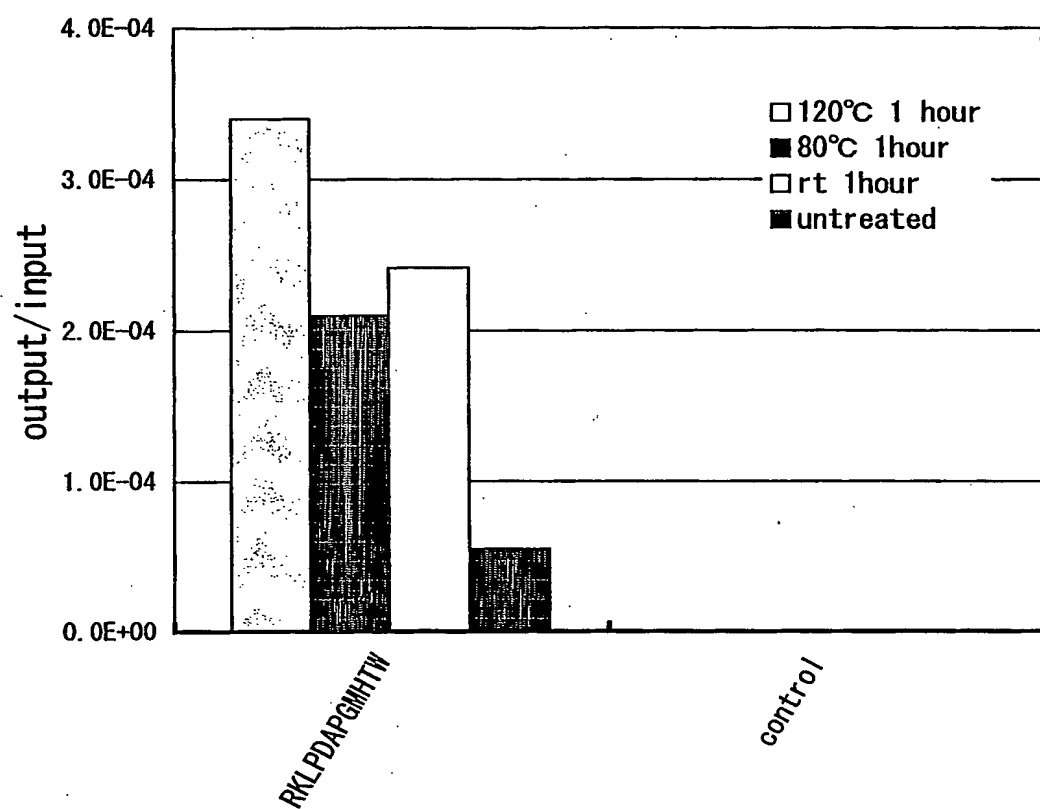
第 10 図



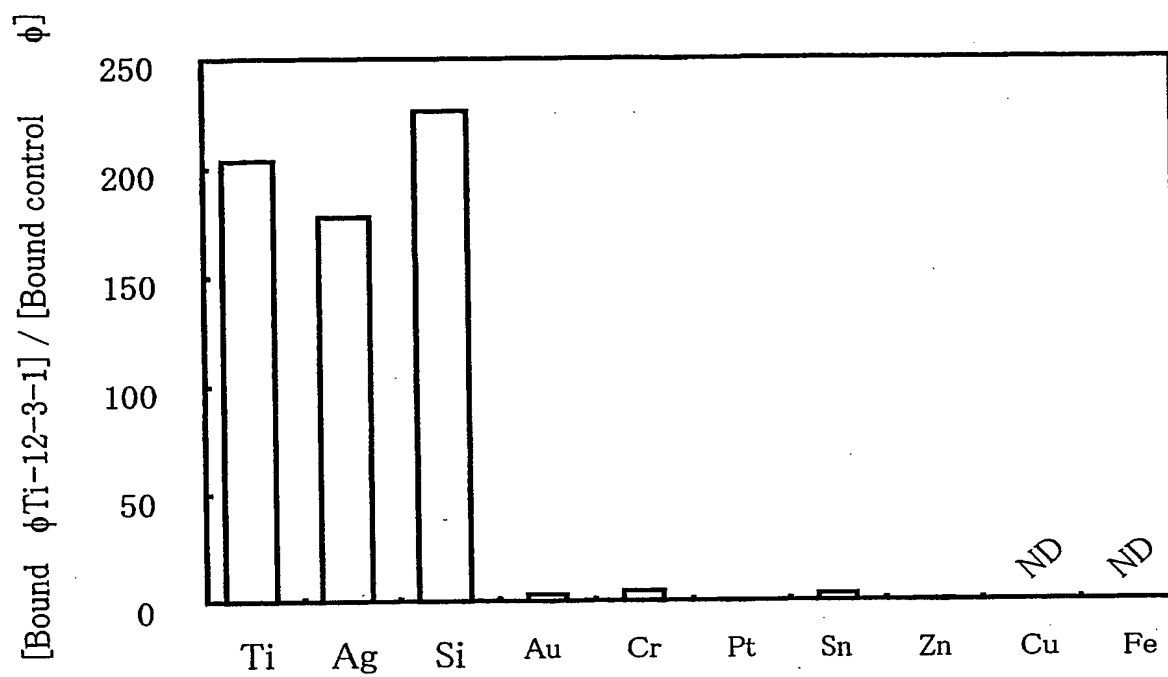
第 11 図



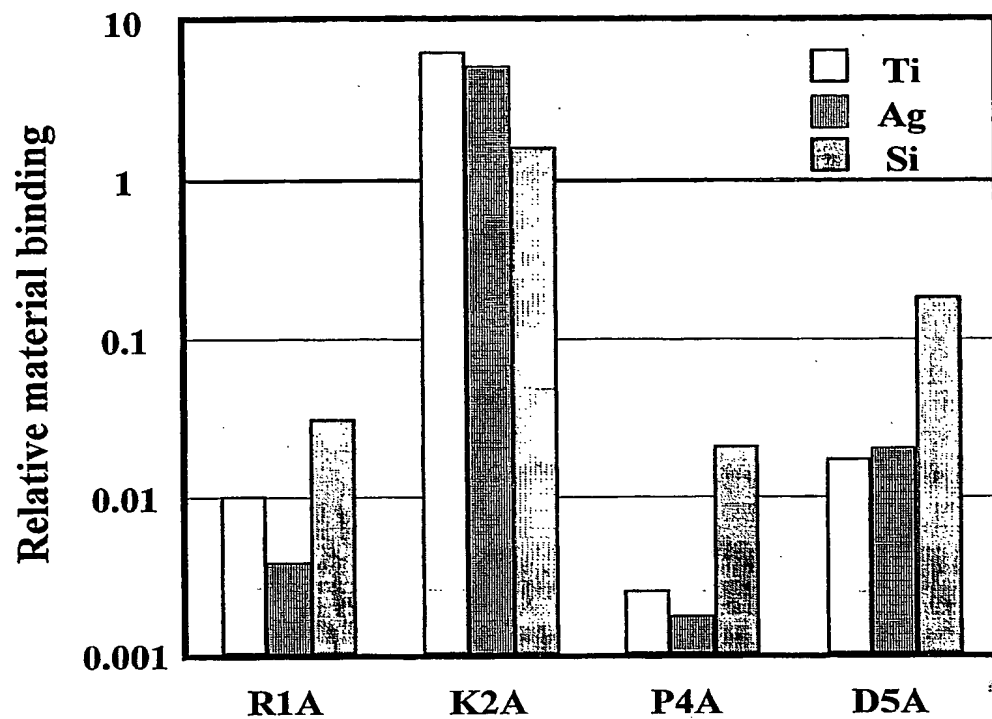
第 12 図



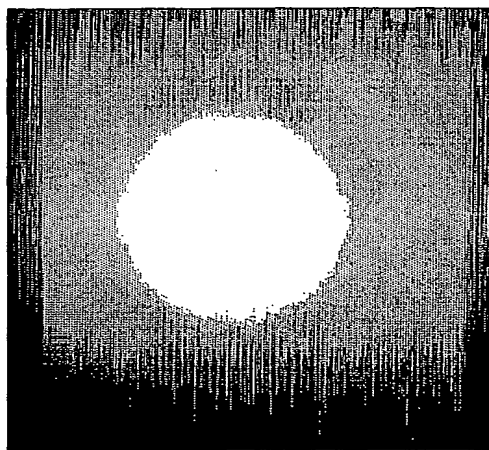
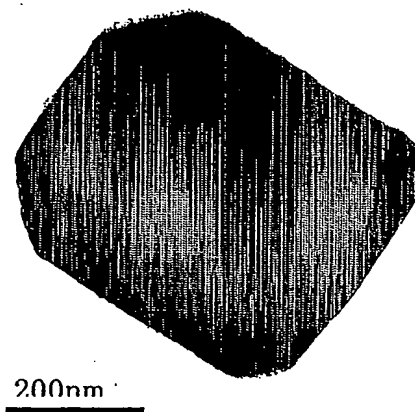
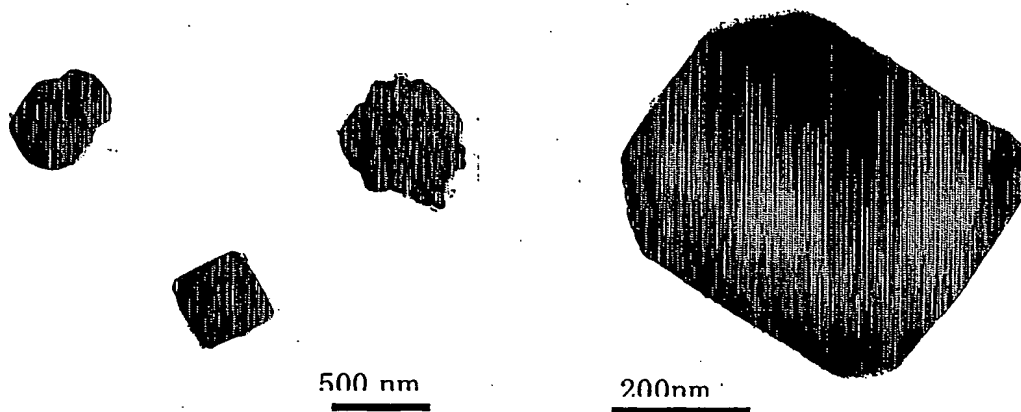
第 13 図



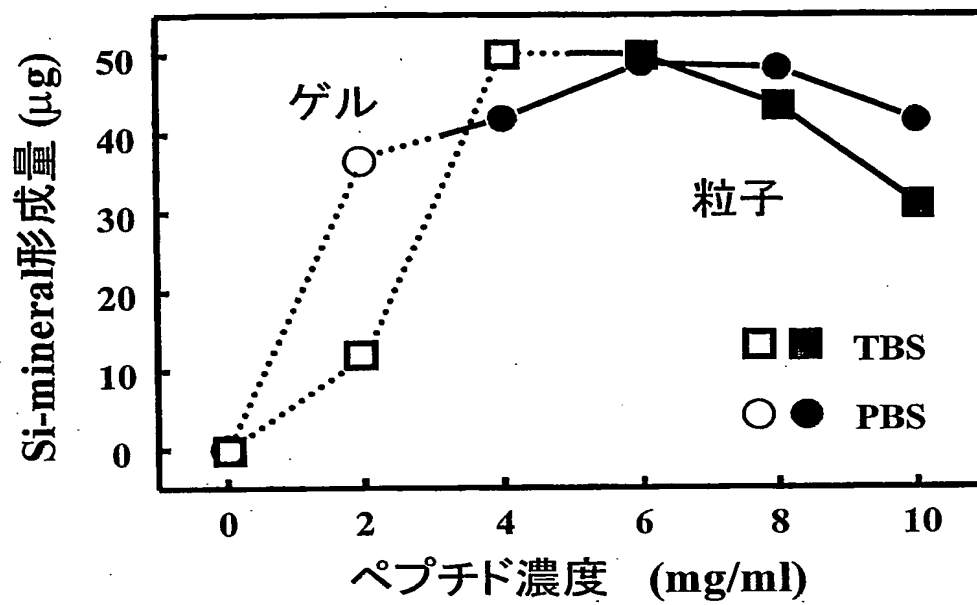
第 14 図



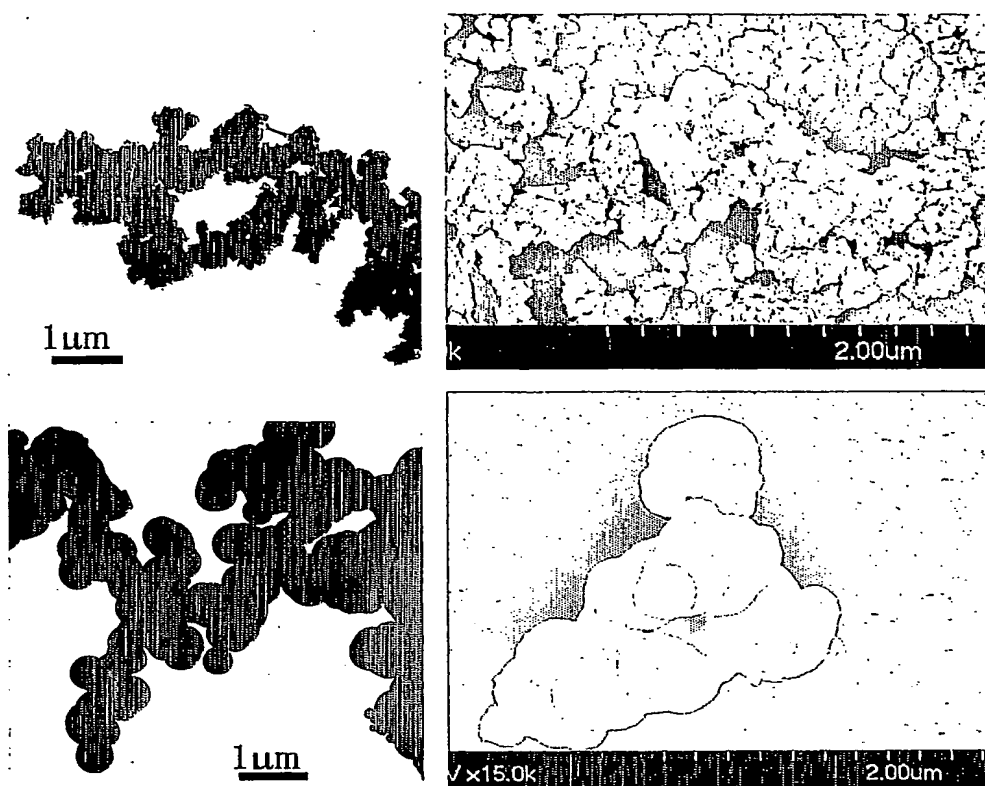
第 15 図



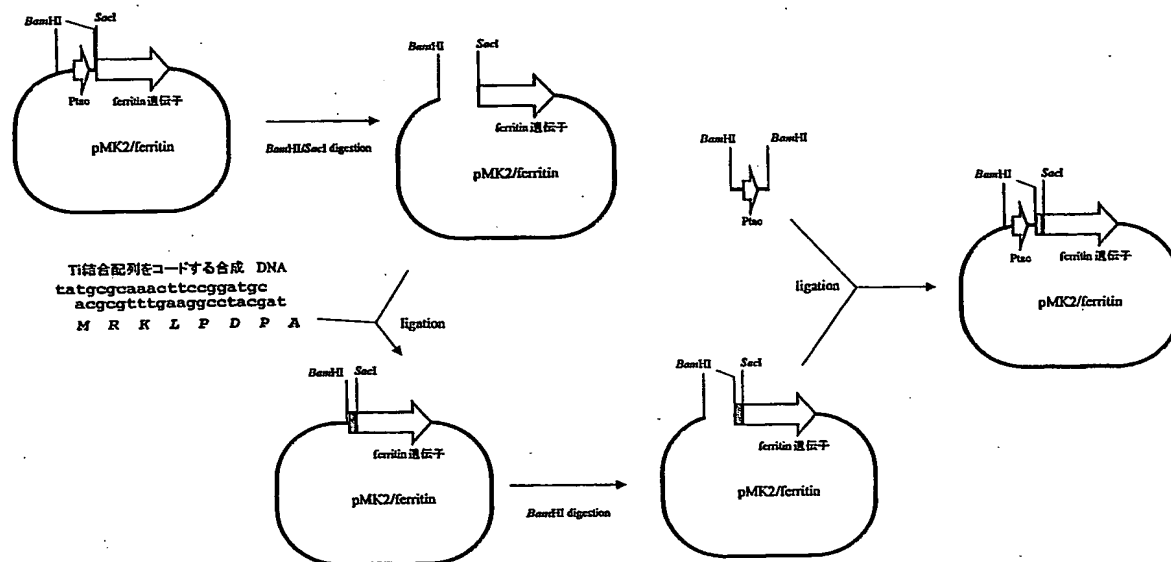
第 16 図



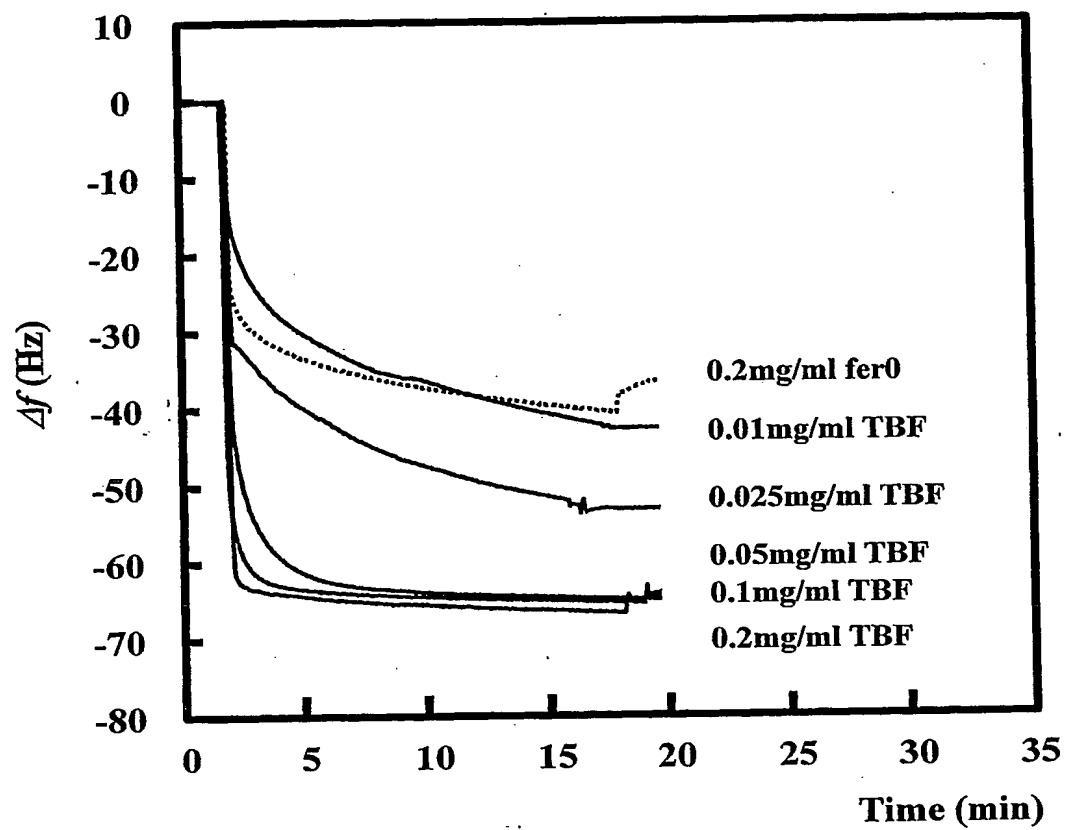
第 17 図



第 18 図



第 19 図



SEQUENCE LISTING

<110> Japan Science and Technology Agency

<120> Peptide having the ability to bind to the surface of titanium, silver, silicon

<130> N051-01PCT

<150> JP2003-282509

<151> 2003-07-30

<160> 56

<170> PatentIn version 3.1

<210> 1

<211> 6

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> delta7-12

<400> 1

Arg Lys Leu Pro Asp Ala

1

5

<210> 2

<211> 6

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> K2A-delta7-12

<400> 2

Arg Ala Leu Pro Asp Ala

1 5

<210> 3

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-2-3

<400> 3

Arg Lys Leu Pro Asp Ala Pro Gly Met His Thr Trp

1 5 10

<210> 4

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> R1A

<400> 4

Ala Lys Leu Pro Asp Ala Pro Gly Met His Thr Trp

1 5 10

<210> 5

<211> 12
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> K2A

<400> 5

Arg Ala Leu Pro Asp Ala Pro Gly Met His Thr Trp
1 5 10

<210> 6
<211> 12
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> L3A

<400> 6

Arg Lys Leu Pro Asp Ala Pro Gly Met His Thr Trp
1 5 10

<210> 7
<211> 12
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> P4A

<400> 7

Arg Lys Leu Ala Asp Ala Pro Gly Met His Thr Trp

1 5 10

<210> 8

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> D5A

<400> 8

Arg Lys Leu Pro Ala Ala Pro Gly Met His Thr Trp

1 5 10

<210> 9

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> P7A

<400> 9

Arg Lys Leu Pro Asp Ala Ala Gly Met His Thr Trp

1 5 10

<210> 10

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> G8A

<400> 10

Arg Lys Leu Pro Asp Ala Pro Ala Met His Thr Trp

1

5

10

<210> 11

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> M9A

<400> 11

Arg Lys Leu Pro Asp Ala Pro Gly Ala His Thr Trp

1

5

10

<210> 12

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> H10A

<400> 12

Arg Lys Leu Pro Asp Ala Pro Gly Met Ala Thr Trp

1 5 10

<210> 13

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> T11A

<400> 13

Arg Lys Leu Pro Asp Ala Pro Gly Met His Ala Trp

1 5 10

<210> 14

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> W12A

<400> 14

Arg Lys Leu Pro Asp Ala Pro Gly Met His Thr Ala

1 5 10

<210> 15

<211> 13

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> Ala insert

<400> 15

Ala Arg Lys Leu Pro Asp Ala Pro Gly Met His Thr Trp

1

5

10

<210> 16

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-2-2

<400> 16

Leu Asp Thr Thr Gln Val Ser Gly Pro Met Ser Ser

1

5

10

<210> 17

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-2-5

<400> 17

Ser Tyr Arg Leu Pro Val Tyr Leu His Ala Leu Leu

1

5

10

<210> 18
<211> 12
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-2-8

<400> 18

Ser Asp Pro Gln Gln Asp Trp Arg Arg Thr Thr Pro
1 5 10

<210> 19
<211> 12
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-2-12

<400> 19

Leu Pro Ser Gln Leu Leu Ser Gln Val Gln Leu Thr
1 5 10

<210> 20
<211> 12
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-2-19

<400> 20

Leu Cys Ala Gln Gln Thr Thr Ser Val His Pro Pro
1 5 10

<210> 21

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-2-21

<400> 21

Met Gln Met Glu Gly Lys Pro Thr Leu Thr Leu Arg
1 5 10

<210> 22

<211> 12

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-2-29

<400> 22

Ser Thr Leu Lys Gln Pro Ile Gln Leu Leu Ala Gln
1 5 10

<210> 23

<211> 12
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-2-43

<400> 23

Ser Cys His Val Trp Tyr Asp Ser Cys Ser Ser Pro
1 5 10

<210> 24
<211> 12
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-2-55

<400> 24

Gln Asp Met Ile Arg Thr Ser Ala Leu Met Leu Gln
1 5 10

<210> 25
<211> 9
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-4-2

<400> 25

Cys Thr Ser Pro Thr Ser Val Asp Cys

1 5

<210> 26

<211> 9

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-4-3

<400> 26

Cys Thr Pro Ser Pro His Gln Gly Cys

1 5

<210> 27

<211> 9

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-4-4

<400> 27

Cys His Thr Ala Pro Leu Pro Arg Cys

1 5

<210> 28

<211> 9

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-4-6

<400> 28

Cys His Gly Ala Thr Pro Gln Asn Cys

1

5

<210> 29

<211> 9

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-4-7

<400> 29

Cys Ser Gly His Asn Pro Thr His Cys

1

5

<210> 30

<211> 9

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-4-11

<400> 30

Cys Pro Met Trp Gln Ala Gln Gln Cys

1 5

<210> 31
<211> 9
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-4-12

<400> 31

Cys Gly Tyr Tyr Ser Met Ser His Cys
1 5

<210> 32
<211> 9
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-4-13

<400> 32

Cys Asp Met Leu Thr Pro Arg Ser Cys
1 5

<210> 33
<211> 9
<212> PRT
<213> Artificial

<220>

<223> e3-4-16

<400> 33

Cys Leu Arg Leu Gln Ser Gln Asp Cys

1 5

<210> 34

<211> 9

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-4-17

<400> 34

Cys Gln Ile Thr Trp His His Thr Cys

1 5

<210> 35

<211> 9

<212> PRT

<213> Artificial

<220>

<223> e3-4-21

<400> 35

Cys Ser Ala His His His Asp Lys Cys

1 5

<210> 36
<211> 9
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-4-23

<400> 36

Cys Met Thr Lys Asn Pro Leu Asn Cys
1 5

<210> 37
<211> 9
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-4-29

<400> 37

Cys Lys Thr Ser Leu Pro Thr Thr Cys
1 5

<210> 38
<211> 9
<212> PRT
<213> Artificial

<220>
<223> e3-4-30

<400> 38

Cys Val Ser Thr Tyr Trp Lys Thr Cys

1

5

<210> 39

<211> 20

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> 96gIII sequencing primer

<400> 39

ccctcatagt tagcgtaacg

20

<210> 40

<211> 25

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> R1A mutant primer

<400> 40

aggcagcttc gcagagtgag aatag

25

<210> 41

<211> 24

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> K2A mutant primer

<400> 41

catcaggcag cgcccgagag tgag

24

<210> 42

<211> 24

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> L3A mutant primer

<400> 42

ggagcatcag ggccttccg agag

24

<210> 43

<211> 25

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> P4A mutant primer

<400> 43

ccgggagcat cagccagctt ccgag

25

<210> 44

<211> 24

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> D5A mutant primer

<400> 44

atcccgggag cagcaggcag cttc

24

<210> 45

<211> 25

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> P7A mutant primer

<400> 45

glatgcatcc cggcagcatc aggca

25

<210> 46

<211> 24

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> G8A mutant primer

<400> 46

aglatgcatc gcgggagcat cagg

24

<210> 47

<211> 26

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> M9A mutant primer

<400> 47

cccccaagtat gcgccccggg agcatc

26

<210> 48

<211> 25

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> H10A mutant primer

<400> 48

tccaccccaa giagccatcc cggga

25

<210> 49

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> T11A mutant primer

<400> 49

tccaccccaa gcatgcatcc cgg

23

<210> 50

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> W12A mutant primer

<400> 50

aacciccacc cgcagtatgc atc

23

<210> 51

<211> 29

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> delta7-12 F mutant primer

<400> 51

ggaggatccg ccgaaactgt tgaaagtig

29

<210> 52

<211> 35

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> delta7-12 R mutant primer

<400> 52

gggggatcct ccaccagcat caggcagctt ccgag

35

<210> 53

<211> 35

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> K2Adelta7-12R mutant primer

<400> 53

gggggatacct ccaccagcat caggcagcgc ccgag

35

<210> 54

<211> 39

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> Ala insert mutant primer

<400> 54

agcatcaggc agcttccgtg cagagtgaga atagaaagg

39

<210> 55

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> primer

<400> 55

tatgcgcaaa cticcggatg c

21

<210> 56

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial

<220>

<223> primer

<400> 56

tagcatccgg aagttagcgc a

21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C07K7/06, C07K7/08, C07K19/00, C12N1/00, C12N7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C07K7/06, C07K7/08, C07K19/00, C12N1/00, C12N7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CAPLUS/REGISTRY/MEDLINE/BIOSIS/WPIDS (STN), Swiss Prot/PIR/Geneseq,
Genbank/EMBL/DDBJ/Geneseq

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-338700 A (Kaneka Corp.), 22 December, 1998 (22.12.98), Claims; Figs. 1, 2 (Family: none)	1, 3-11, 16-32, 36, 50, 54, 68
Y	Naik, R.R. et al., "Biomimetic synthesis and patterning of silver nanoparticles", Nature materials (2002, November), Vol.1, pages 168 to 172, table 1, Figs. 3, 4	1, 3-11, 16-32, 36, 50, 54, 68
Y	US 2003/0073104 A1 (Belcher, A.M. et al.), 17 April, 2003 (17.04.03), Full text & WO 03/029431 A2	1, 3-11, 16-32, 36, 50, 54, 68

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 November, 2004 (02.11.04)Date of mailing of the international search report
22 November, 2004 (22.11.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011319

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Whaley, S.R., et al., "Selection of peptides with semiconductor binding specificity for directed nanocrystal assembly", Nature, (2000), Vol.408, pages 665 to 668, full text	1,3-11, 16-32,36,50, 54,68
Y	WO 01/28605 A1 (Lazarov, M. et al.), 26 April, 2001 (26.04.01), Abstract & CA 2388153 A & AU 1273201 A & DE 19950386 A & BR 14883. A & EP 1223993 A & US 2003/44596 A1 & JP 2003-512098 A	1,3-11, 16-32,36,50, 54,68
Y	WO 02/060506 A1 (Advanced Bio Prosthetic Surfaces, Ltd.), 08 August, 2002 (08.08.02), Abstract & CA 2429356 A & EP 1347791 A	1,3-11, 16-32,36,50, 54,68
P,X	SANO, K. et al., "A Hexapeptide Motif that Electrostatically Binds to the Surface of Titanium", J.Am.Chem.Soc., 26 November, 2003 (26.11.03), Vol.125, No.47, pages 14234 to 14235; full text	1,3-11, 16-32,36,50, 54,68
E,A	WO 03/078451 A2 (New Century Pharmaceuticals, Inc.), 25 September, 2003 (25.09.03), (Family: none)	1,3-11, 16-32,36,50, 54,68

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/0011319

Box No. I Nucleotide and/or amino acid sequence(s) (Continuation of item 1.b of the first sheet)

1. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application and necessary to the claimed invention, the international search was carried out on the basis of:

a. type of material



a sequence listing



table(s) related to the sequence listing

b. format of material



in written format



in computer readable form

c. time of filing/furnishing



contained in the international application as filed



filed together with the international application in computer readable form



furnished subsequently to this Authority for the purposes of search

2. ☒ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing and/or table relating thereto has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.

3. Additional comments:

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011319

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 2
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
It cannot be technically understood what chemical the "peptide" as set forth in claim 2 means, since neither any chemical structure, properties nor characteristics for specifying such a chemical is sufficiently clarified. Thus, claim 2 does not comply with (continued to extra sheet)
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Claims 1, 3 to 11, 16 to 32, 36, 50, 54 and 68.

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011319

Continuation of Box No.II-2 of continuation of first sheet(2)

the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out. (PCT Article 17(2)(a)(ii))

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

In an international application, the requirement of unity of invention (PCT Rule 13.1) shall be fulfilled only when there is a technical relationship among those inventions involving one or more of the same or corresponding special technical features. The expression "special technical features" shall mean those technical features that define a contribution which each of the claimed invention, considered as a whole, makes over the prior art (PCT Rule 13.2). The requirement of unity of invention shall be determined without regard to whether the inventions are claimed in separate claims or as alternatives within a single claim (PCT Rule 13.3).

The special technical feature common to claims 1, 3 to 11, 32, 36, 59 and 54, each as a whole, and the parts relating to peptides according to claims 3 to 11, 32, 36, 50 and 54 in claims 16 to 31 and 68 resides in a specific amino acid sequence (SEQ ID NO:1) or modifications thereof obtained by slightly modifying the same (SEQ ID NOS:2 to 15) or the like (hereinafter these inventions are referred to as the first group of inventions).

On the other hand, nine peptides as claimed in claims 12 and 13 (hereinafter referred to as the second to tenth groups of inventions) have structures not relating to SEQ ID NO:1. Moreover, there have been publicly known peptides capable of binding to titanium as reported by, for example, JP 10-338700 A1. Thus, "a peptide capable of binding to titanium" cannot be considered as a special technical feature common to these claims and the first group of inventions.

14 peptides as claimed in claims 14 and 15 (hereinafter referred to as the 11th to 24th groups of inventions) have structures not relating to SEQ ID NO:1 or the peptides of claims 12 and 13. Although these 14 peptides are common to each other in having nine amino acids sandwiched between cysteine residues at both ends, peptides having such a structure have been publicly known as reported by, for example, J. Biol. Chem., (1995), Vol.270, No.52, pp.31210-31218. Thus, this matter cannot be considered as a special technical feature common to the inventions according to claims 14 and 15.

Claims 33 to 35 and 37 to 49 (hereinafter referred to as the 25th group of inventions) relate to peptides binding to silver, while claims 51 to 53 and 55 to 67 (hereinafter referred to as the 26th group of inventions) relate to peptides binding to silicone. However, peptides binding to metals such as titanium or silver or semiconductors such as silicone and a method of selecting the same by the phage display method have been publicly known by those skilled in the art (see, if needed, Nature Materials, (2002), Vol.1, pp.168-172; US 2003/0073104 A1; Nature, (2000), Vol.405, pp.665-668). Thus, these matters cannot be considered as a technical feature common to these groups of inventions and the above first to 24th groups of inventions.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011319

As discussed above, the present application has 26 groups of inventions and, therefore, this international application does not comply with the requirement of unity of invention (PCT Article 13 (PCT Rules 13.1, 13.2 and 13.3)).

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C07K7/06, C07K7/08, C07K19/00, C12N1/00, C12N7/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ C07K7/06, C07K7/08, C07K19/00, C12N1/00, C12N7/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

CAPLUS/REGISTRY/MEDLINE/BIOSIS/WPIDS (STN)

SwissProt/PIR/Geneseq

Genbank/EMBL/DDBJ/Geneseq

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-338700 A (鐘淵化学工業株式会社), 1998. 12. 22, 請求の範囲及び図 1, 2 参照 (ファミリーなし)	1, 3-11, 16- 32, 36, 50, 54, 68
Y	Naik, R.R. et al., "Biomimetic synthesis and patterning of silver nanoparticles" Nature materials, (2002 Nov), Vol. 1, pp.168-172, Table 1, Figure 3, 4 参照	1, 3-11, 16- 32, 36, 50, 54, 68

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02. 11. 2004

国際調査報告の発送日

22.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

新留 豊

4B

9639

電話番号 03-3581-1101 内線 3448

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 2003/0073104 A1 (Belcher, A.M. et al.), 2003.04.17, & WO 03/029431 A2, 全文参照	1, 3-11, 16- 32, 36, 50, 54, 68
Y	Whaley, S.R., et al., "Selection of peptides with semiconductor binding specificity for directed nanocrystal assembly" Nature, (2000), Vol. 408, pp. 665-668, 全文参照	1, 3-11, 16- 32, 36, 50, 54, 68
Y	WO 01/28605 A1 (Lazarov, M. et al.), 2001.04.26, 要約参照 & CA 2388153 A & AU 1273201 A & DE 19950386 A & BR 14883 A & EP 1223993 A & US 2003/44596 A1 & JP 2003-512098 A	1, 3-11, 16- 32, 36, 50, 54, 68
Y	WO 02/060506 A1 (Advanced Bio Prosthetic Surfaces, Ltd.), 2002.08.08, 要約参照 & CA 2429356 A & EP 1347791 A	1, 3-11, 16- 32, 36, 50, 54, 68
PX	Sano, K. et al., "A Hexapeptide Motif that Electrostatically Binds to the Surface of Titanium" J. Am. Chem. Soc. (2003 Nov 26), Vol. 125, No. 47, pp. 14234-14235, 全文参照	1, 3-11, 16- 32, 36, 50, 54, 68
EA	WO 03/078451 A2 (New Century Pharmaceuticals, Inc.), 2003.09.25 (ファミリーなし)	1, 3-11, 16- 32, 36, 50, 54, 68

第 I 欄 スクレオチド又はアミノ酸配列 (第 1 ページの 1. b の続き)

1. この国際出願で開示されかつ請求の範囲に係る発明に必要なスクレオチド又はアミノ酸配列に関して、以下に基づき国際調査を行った。

a. タイプ

☒ 配列表

☐ 配列表に関連するテーブル

b. フォーマット

☐ 書面

☒ コンピュータ読み取り可能な形式

c. 提出時期

☐ 出願時の国際出願に含まれる

☒ この国際出願と共にコンピュータ読み取り可能な形式により提出された

☐ 出願後に、調査のために、この国際調査機関に提出された

2. ☒ さらに、配列表又は配列表に関連するテーブルを提出した場合に、出願後に提出した配列若しくは追加して提出した配列が出願時に提出した配列と同一である旨、又は、出願時の開示を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

3. 補足意見：

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☒ 請求の範囲 2 は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
請求の範囲2に記載の「ペプチド」がどのような化学物質であるのかにつき、化学物質を特定するための化学構造、物性・特性等が十分に明確にされていないので技術的に把握できず、有意義な国際調査をなし得る程度にまで所定の要件を満たしていない。(PCT17条(2)(a)(ii))
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

(別紙参照)

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。
請求の範囲1, 3-11, 16-32, 36, 50, 54, 68

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

(第III欄の別紙)

国際出願における発明の単一性の要件(PCT規則13.1)は、請求の範囲に記載された一群の発明の間に一又は二以上の同一または対応する特別な技術的特徴を含む技術的關係があるときに限り、満たされるものであって、この「特別な技術的特徴」とは、請求の範囲に記載された各発明が全体として先行技術に対して行う貢献を明示する技術的特徴のことである(PCT規則13.2)。また、発明の単一性の要件の判断は、一群の発明が別個の請求の範囲に記載されているか単一の請求の範囲に択一的な形式によって記載されているかを考慮することなく行われる(PCT規則13.3)。

ここで、請求の範囲1, 3-11, 32, 36, 50, 54の全部、並びに請求の範囲16-31及び68のうち、請求の範囲3-11, 32, 36, 50, 54のペプチドに関する部分はいずれも、特定のアミノ酸配列(配列番号1)ないしその配列をわずかに改変した改変体等(配列番号2-15)を共通の特別な技術的特徴とする(以下、これを第1発明という)。

一方、請求の範囲12-13の9個のペプチド(以下、第2-10発明という)は上記配列番号1とは無関係な構造を有し、かつ、チタンに結合しうるペプチドも、例えばJP 10-338700 A1等にも記載のとおり公知であるから、「チタンに結合しうるペプチド」をこれらの請求の範囲と第1発明とに共通の技術的特徴とは認められない。

また、請求の範囲14-15の14個のペプチド(以下、第11-24発明という)も、上記配列番号1あるいは請求の範囲12-13のペプチドとは無関係な構造を有し、またこれらの14個のペプチドは両端をcystein残基で挟まれた9個のアミノ酸からなる点で共通の構造を有するが、そのような構造を有するペプチドも、例えばJ. Biol. Chem., (1995), Vol. 270, No. 52, pp. 31210-31218等にも記載のとおり公知であるから、これを請求の範囲14-15の発明に共通の特別な技術的特徴とすることはできない。

さらに、請求の範囲33-35, 37-49(以下、第25発明という)は、いずれも銀に結合するペプチドに関連し、請求の範囲51-53, 55-67(以下、第26発明という)はいずれもシリコンに結合するペプチドに関連するが、チタンや銀などの金属、あるいはシリコン等の半導体物質に結合するペプチド、並びにそのphage display法による選択方法はいずれも当業者に公知(必要ならば、Nature Materials, (2002), Vol.1, pp.168-172; US 2003/0073104 A1; Nature, (2000), Vol. 405, pp. 665-668等参照)であるから、そのことをもって、これらの発明と上記第1-24発明とに共通の技術的特徴とすることはできない。

以上のとおり、本願には26個の発明が含まれており、この国際出願は発明の単一性の要件(法施行規則第13条(PCT規則13.1、13.2及び13.3))を満たしていない。